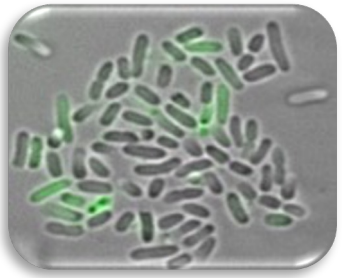
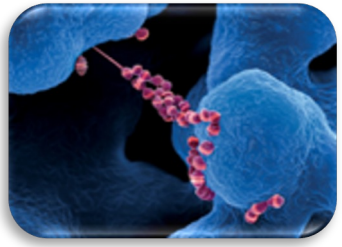
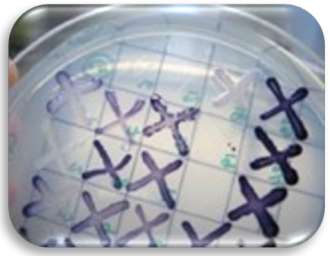
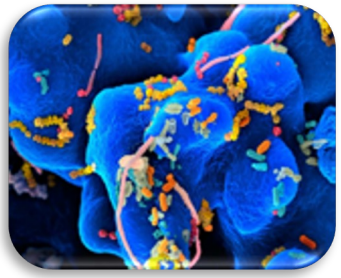
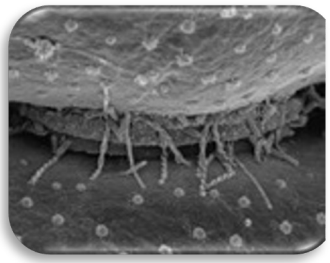


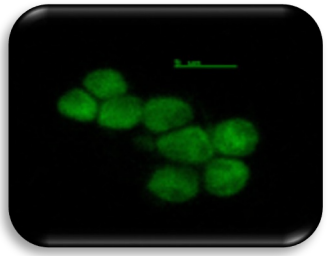


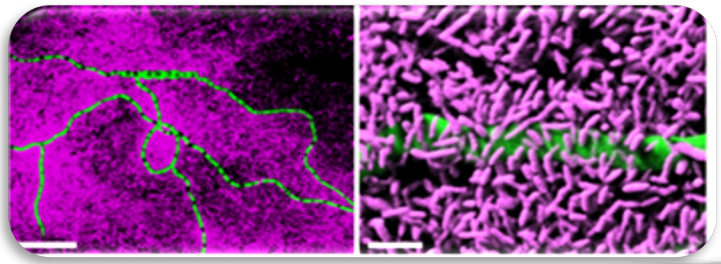


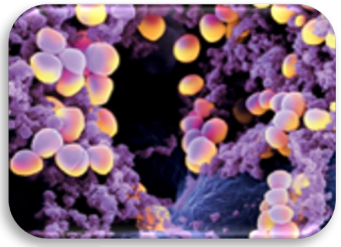
Herzlich Willkommen in der Welt der Bakterien !



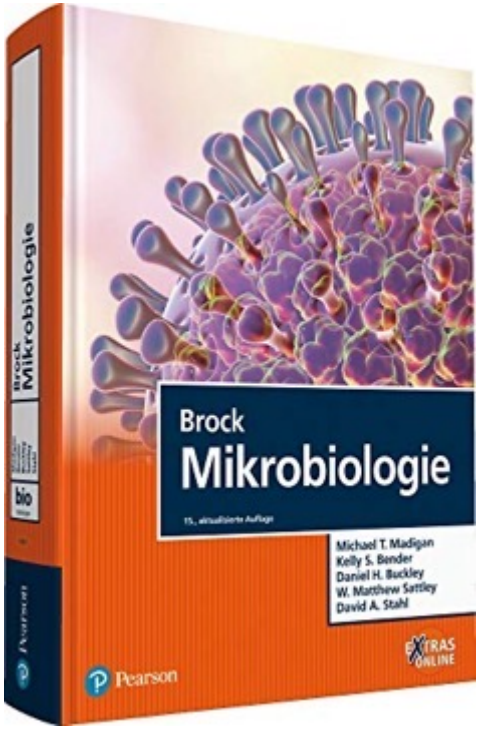






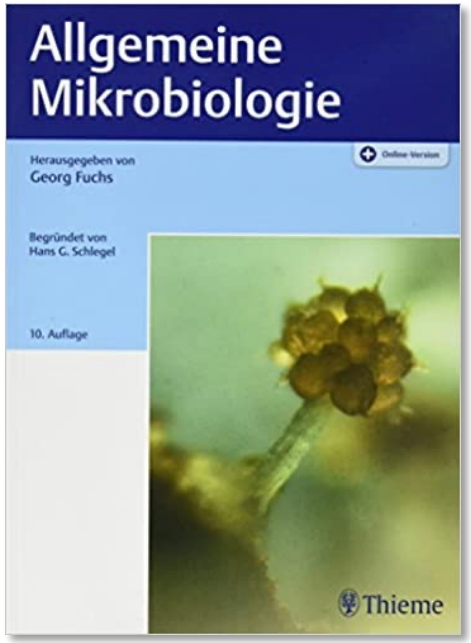


Brock, 15te Auflage
Pearson Verlag
Ca. 100,- € / eBook ca. 80,- €
Oder **Brock** Mikrobiologie kompakt
13. Auflage 2015
Ca. 50,- € / eBook ca. 40,- €



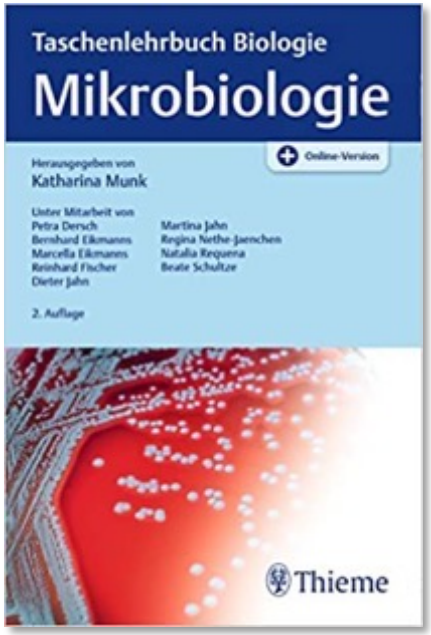
Fuchs et al., 2017
Thieme Verlag

Ca. 65,- €
eBook ca. 65,- €



Munk et al., 2018
Thieme Verlag

Ca. 35,- €
eBook ca. 35,- €



Diese Bücher sind z.T. in der Bibliothek vorhanden!

Die Abbildungen in der Vorlesung stammen meist aus:

Brock, Madigan (Mikrobiologie)
Fuchs (Allg. Mikrobiologie)
Müller-Esterl (Biochemie)
Knippers (Genetik)
ASM Microbe library
H. Cypionka, bacterial garden.net
http://ngm.nationalgeographic.com

Eventuelle Ankündigungen zur Vorlesung via **Stine**
Bitte E-Mails kontrollieren!

Montagsvorlesung:
10.30-12.00 Uhr

immer Themen der allgemeinen Mikrobiologie

Mittwochsvorlesung: 13.00 -14.15 Uhr

oft mit Bezug zum Praktikum

VL online und in persona!

die Vorlesung am Mittwoch kann auch als Übungs- und Fragestunde genutzt werden

Tafelbilder sind wichtig und Klausurrelevant!

Wichtige Termine:

Letzte Vorlesung am: 25.1. 2023
mit der Möglichkeit, Fragen zur Klausur zu stellen
es gibt jedoch keine Hinweise zu Klausurfragen

Tafelbilder werden gerne als Grundlage zur Erstellung der Klausur genutzt!

Klausur am:
31.01.2023, 10.30 Uhr, IPM, Carl v. Linné-Hörsaal Covid-abhängige Termin- und Ortsvorgaben

Nachschreibetermin am:
24.03.2023, 10.00 Uhr, IPM, Carl v. Linné-Hörsaal Covid-abhängige Termin und Ortsvorgaben

bitte später in STiNE Termine überprüfen!

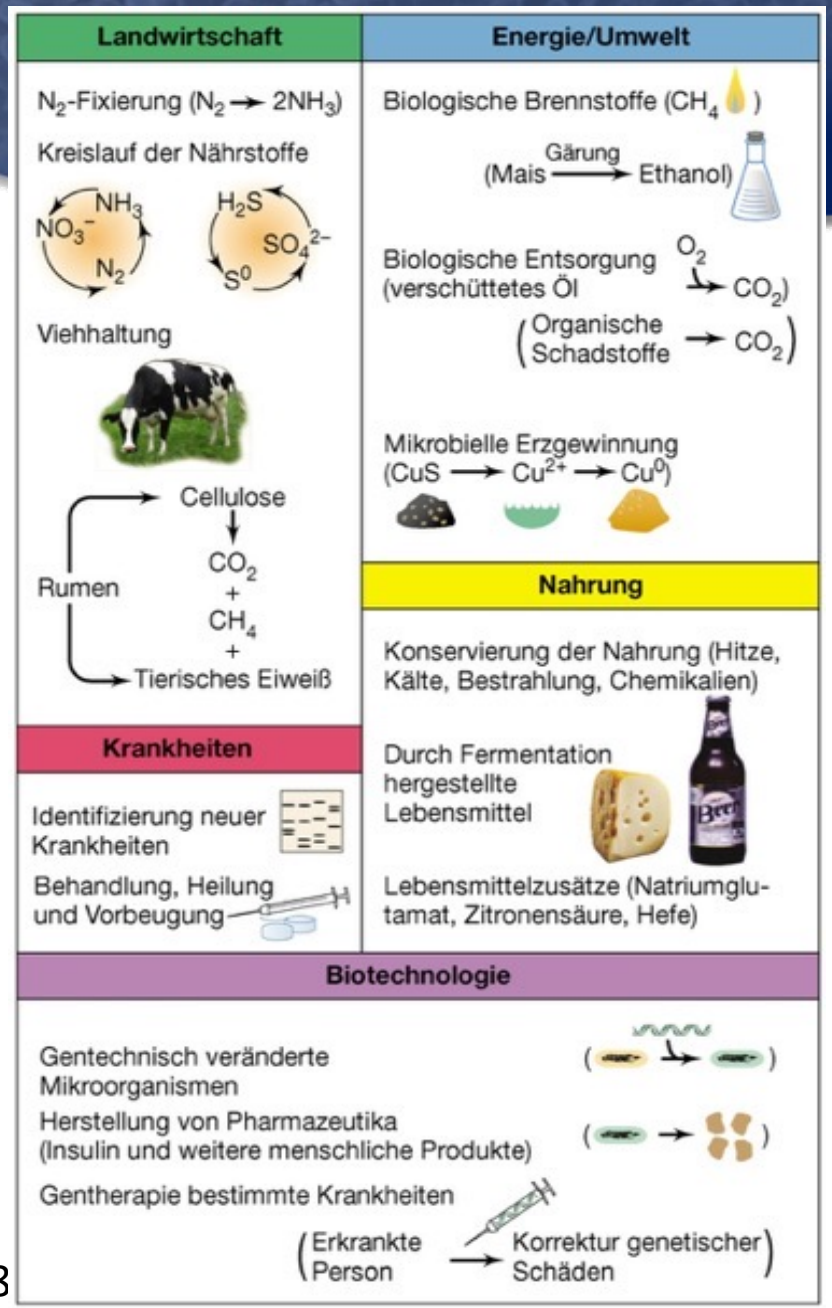
Fragen & Beschwerden zur Vorlesung oder zum Praktikum an:

wolfgang.streit@uni-hamburg.de

Bitte **nicht** (!) via **Stine** e-mailen

1. Vorstellung der Mikroben
2. Geschichte der Mikrobiologie
3. Zellaufbau und Zellstruktur
4. Wachstum und Nährstoffe
5. Transport und Membranen
6. Zellteilung und Antibiotika
7. Globale N-, S-, C-Stoffkreisläufe
8. Stoffwechsel: Glycolyse, Atmung etc.
9. Stoffwechsel: Gärungen (z.B. Bierherstellung)
10. Photosynthese
11. Systematik
12. Gentechnik und Biotechnologie
13. Genregulation
14. Mikrobielle Lebensgemeinschaften
15. Stickstofffixierung
16. Global warming durch Methanogenese etc.

Inhalte der Vorlesung



Warum ist Mikrobiologie wichtig?

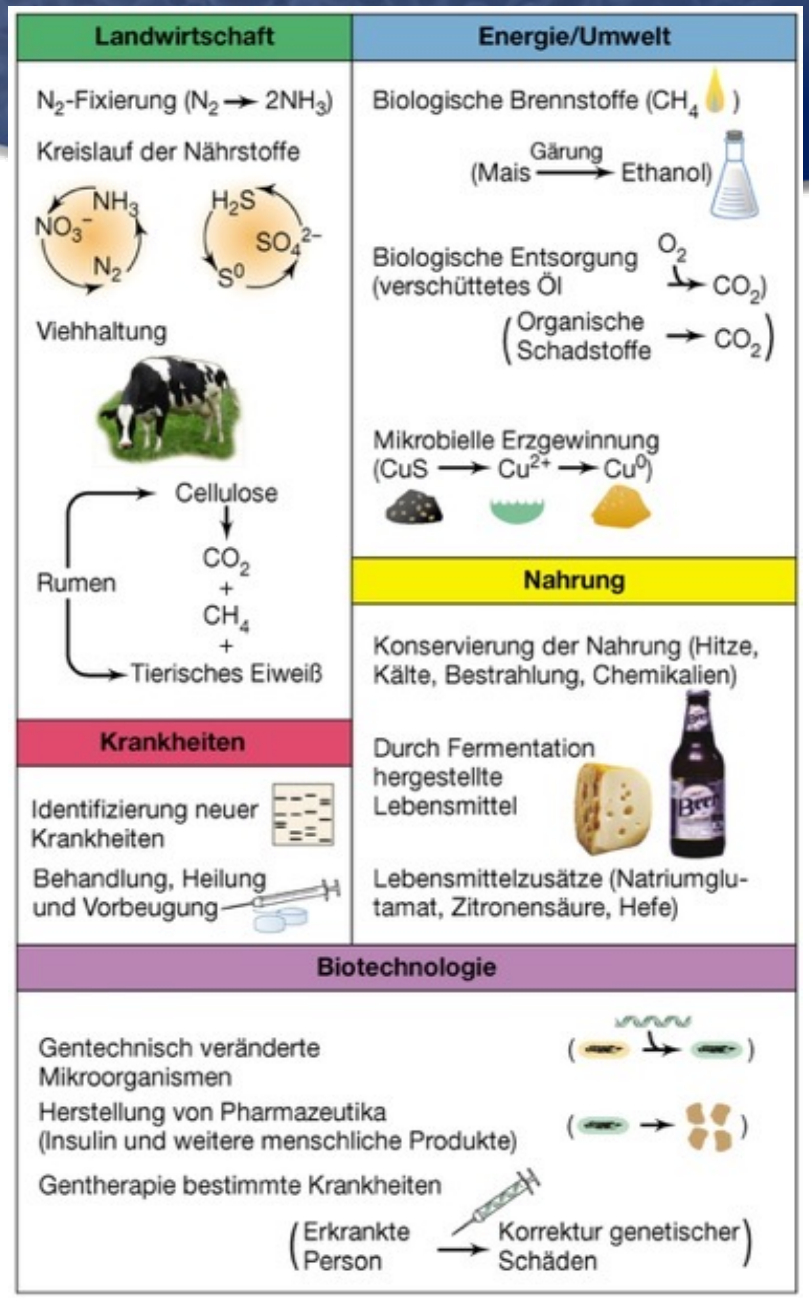
→ **Medizin**: Mikroorganismen (MO) sind wichtige Krankheitserreger

→ **Biotechnologie**: Mikroorganismen als bedeutsame Produzenten von Lebensmitteln, Antibiotika, Enzymen und anderen Substanzen

→ **Landwirtschaft**: Mikroorganismen sind essentiell für die Fruchtbarkeit von Böden, es gibt viele pflanzenpathogene MO!

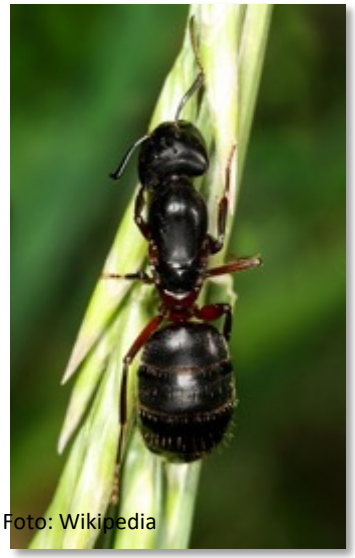
→ **Globale Stoffkreisläufe**, Klima!

→ **Umwelt**: Trinkwasser, Denkmäler, …



Mikrobiologie umfasst viele Disziplinen

- Genetik (Pro- und Eukaryoten)
- Biotechnologie
- Molekularbiologie
- Physiologie
- Genomik und Metagenomik, -omiks
- Ökologie
- Patho-Mikrobiologie



Elefant:
3-4 m

Ameise:
25 mm

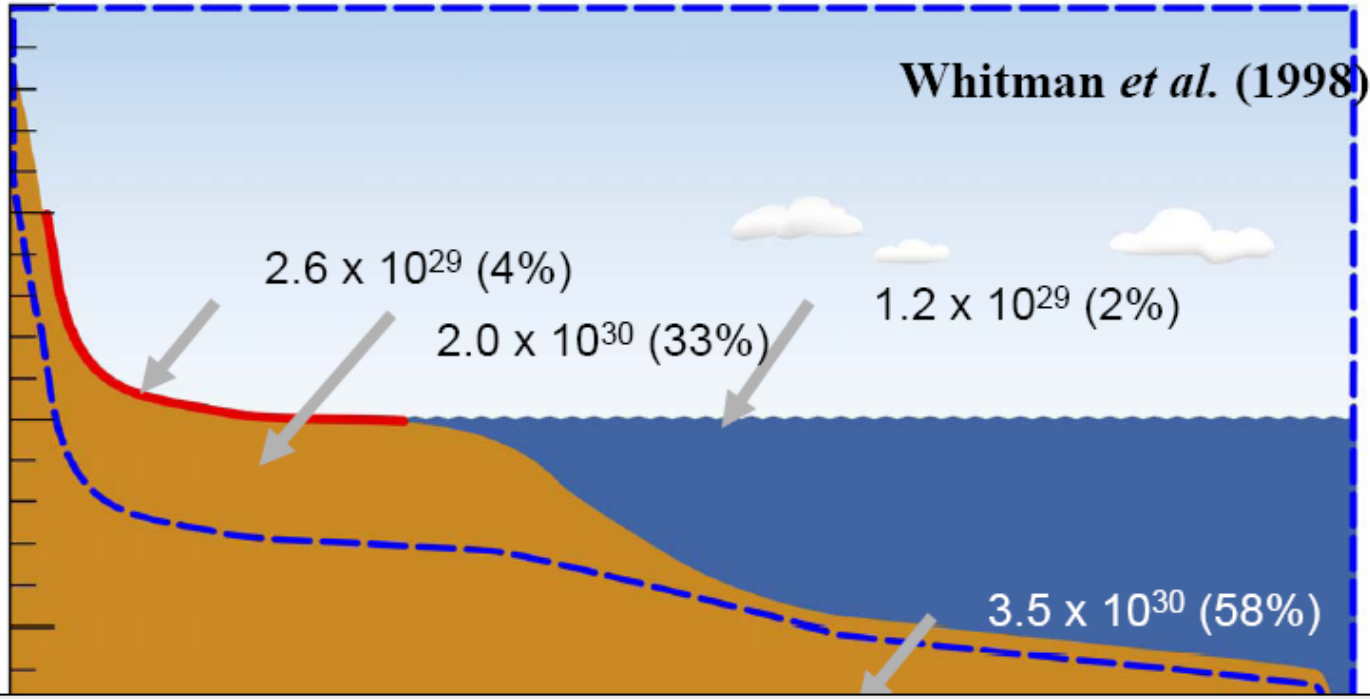
Darmbakterium:
2 µm (10^{-6} m)

Makroorganismen

- Morphologische Vielfalt
- Differenzierung
- Organbildung
- Komplexe Kommunikation mit der Umwelt
- Stoffwechsel

Mikroorganismen

- Morphologisch wenig vielfältig
- Wenig Differenzierung
- Kaum Organbildungen
- Komplexe Kommunikation mit der Umwelt
- Stoffwechsel äußerst vielfältig



Mikroorganismen sind ubiquitär verteilt und überwiegen zahlen- und mengenmäßig die Makroorganismen und haben somit eine extrem hohe Bedeutung für alle globalen Kreisläufe!

7,5 Milliarden Menschen

$7{,}5 \times 10^{9}$ Anzahl Menschen

$7{,}5 \times 10^{11}$ Liter Menschen oder

$7{,}5 \times 10^{8}$ Tonnen

$7{,}5 \times 10^{30}$ Bakterien und Archaeen

10^{15} Liter Bakterien und Archaeen oder

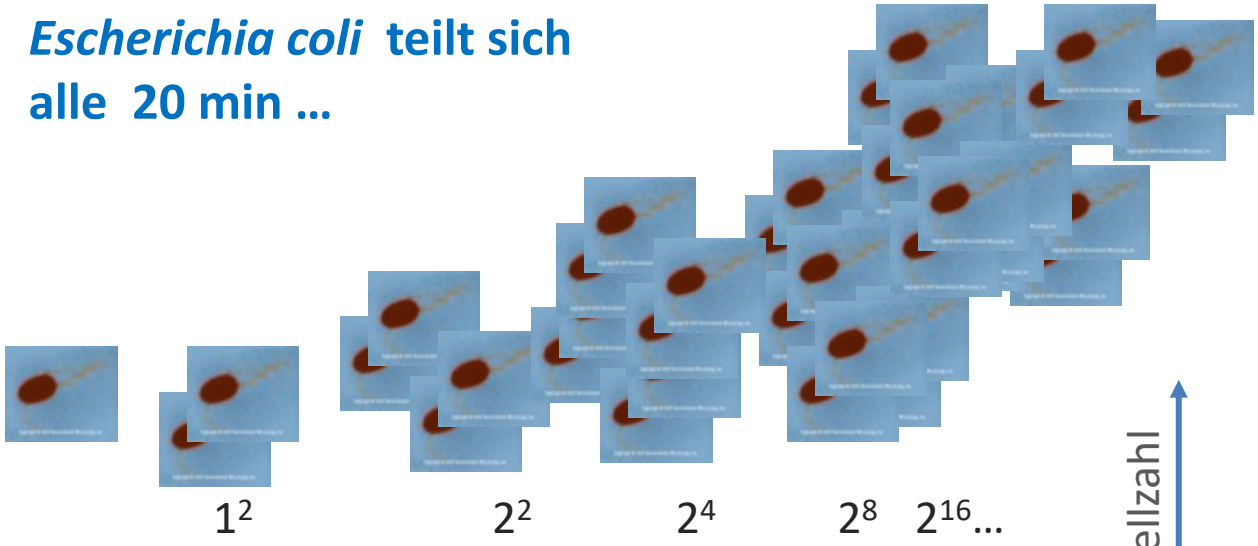
10^{12} Tonnen

Ergo: ca 1.000.000 kg Bakterien pro Person

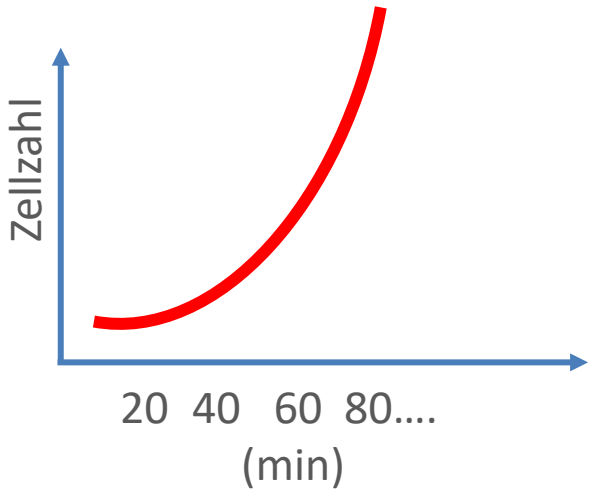
1 Bakterium/Archaeon wiegt ca. 1pg; 1 Ameise ca 10 mg; 1 Elefant ca. 5000 kg

Bakterien wachsen ziemlich schnell !

Escherichia coli **teilt sich alle 20 min …**

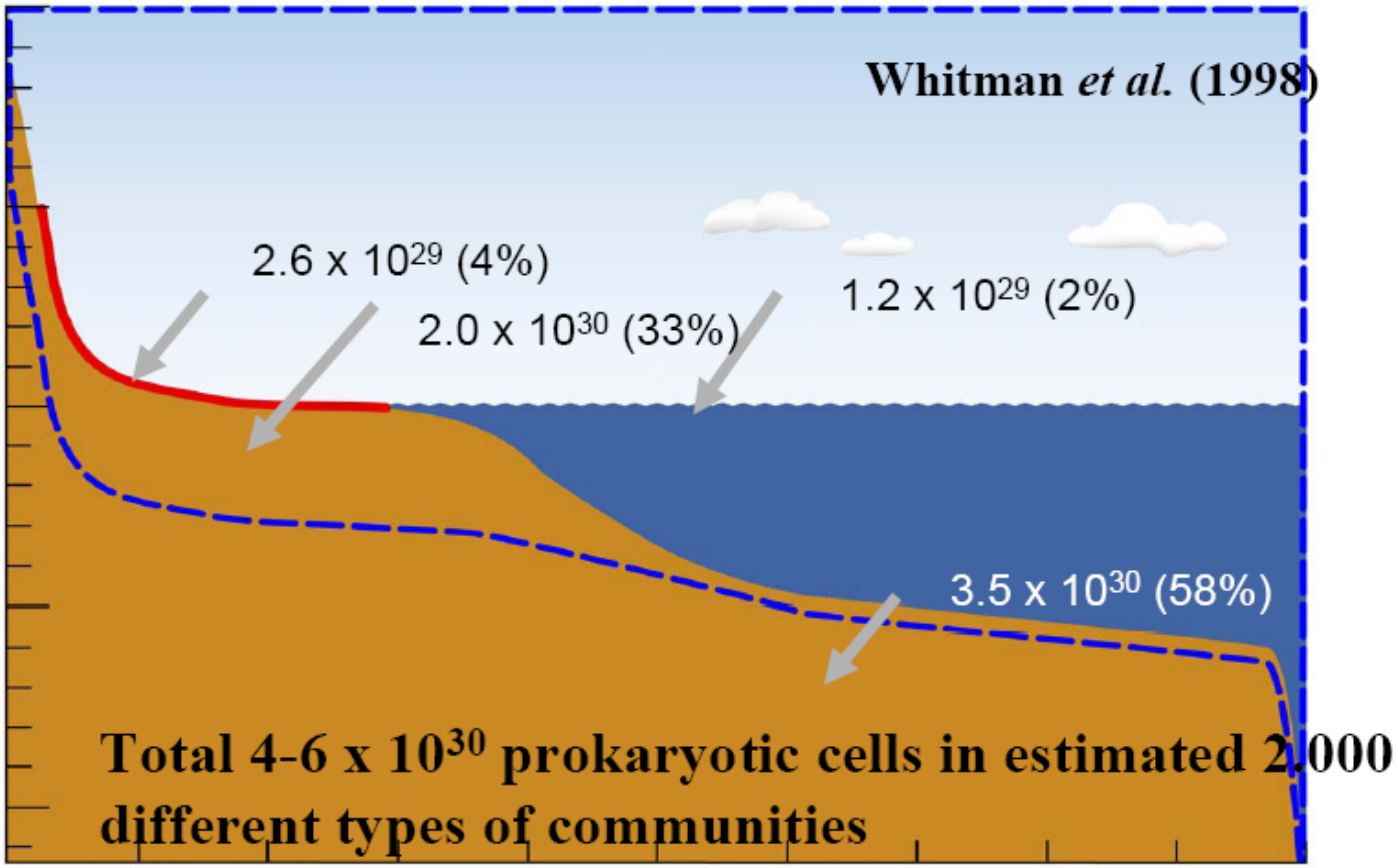


… nach 48 Stunden $\mathbf{2^{144}}$ Zellen !



2^{144} Zellen entspricht 10^{25}Tonnen Biomasse

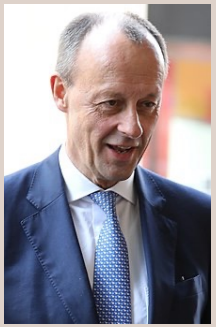
Die Erde wiegt aber nur 10^{21} Tonnen !


Whitman *et al.* (1998)
2.6 x 10^{29} (4%)
2.0 x 10^{30} (33%)
1.2 x 10^{29} (2%)
3.5 x 10^{30} (58%)
Total 4-6 x 10^{30} prokaryotic cells in estimated 2,000 different types of communities

Mikroorganismen sind ubiquitär verteilt und überwiegen zahlen- und mengenmäßig die Makroorganismen und haben somit eine extrem hohe Bedeutung für alle globalen Kreisläufe!

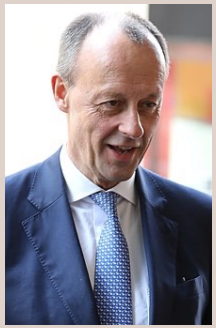
Drängende Fragen bedeutender Personen zu Bakterien und deren ´Molekularbiologie´

…hat Olaf Bakterien ?
Und wenn ja wie viele ?...



…besitzt ‚der' etwa mehr Bakterien als ich ?

Bakterien als stille Mitbewohner



zwei `sympathische´ Menschen
(jeweils ca. 10^{13} Körperzellen)

Aber jeder der beiden trägt etwa

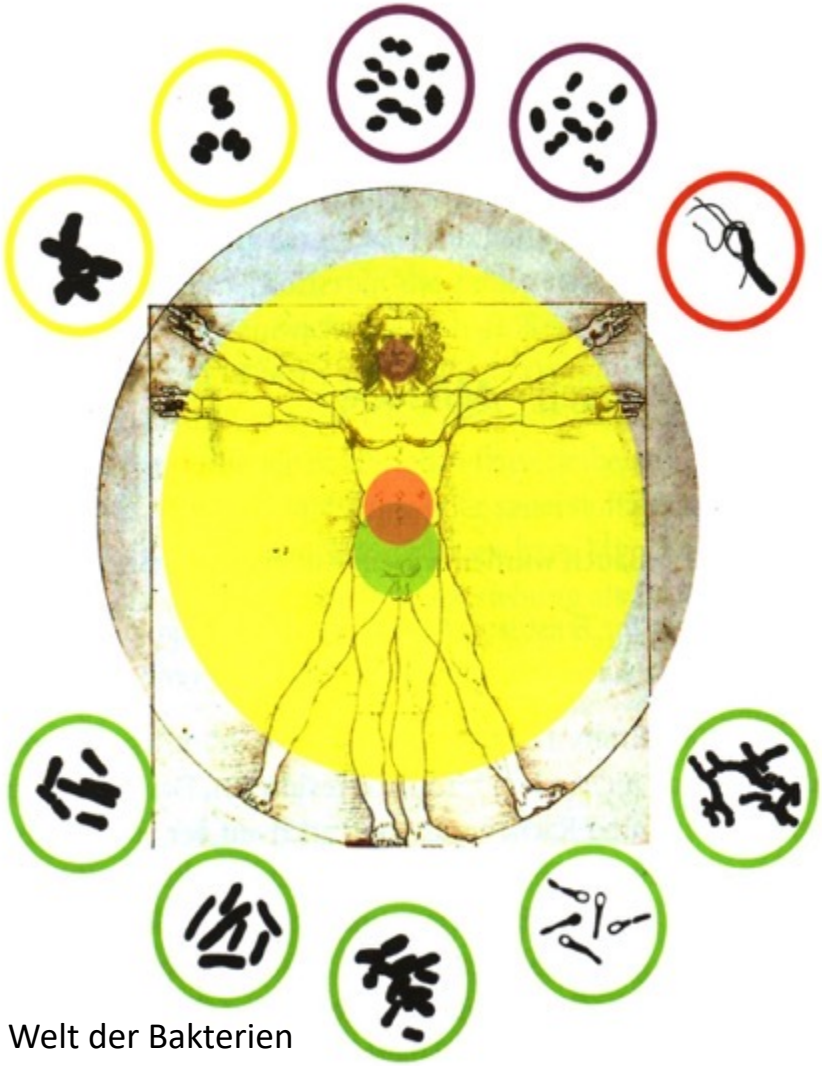
2 000 000 000 000 000

Bakterien/Archaeen

Der Mensch besteht aus
ca. 10^{12-13} Zellen
Er trägt aber
ca. 10^{14-16}
Mikroorganismen mit sich, z.B.
500.000/cm^2 auf der Haut

- 10^{12} Haut
- 10^{10} Mund
- 10^{14} Darm

Fazit:
jeder Mensch schleppt ungefähr
1 kg Bakterien mit sich herum

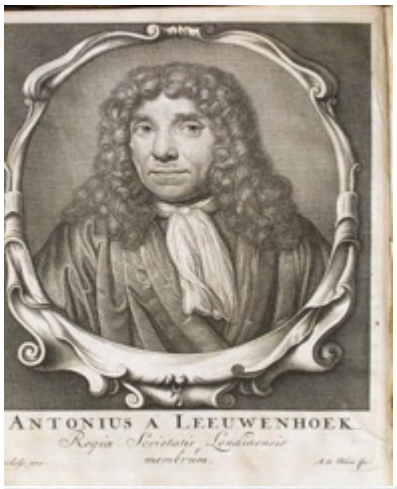


Gottschalk; Welt der Bakterien

1684:

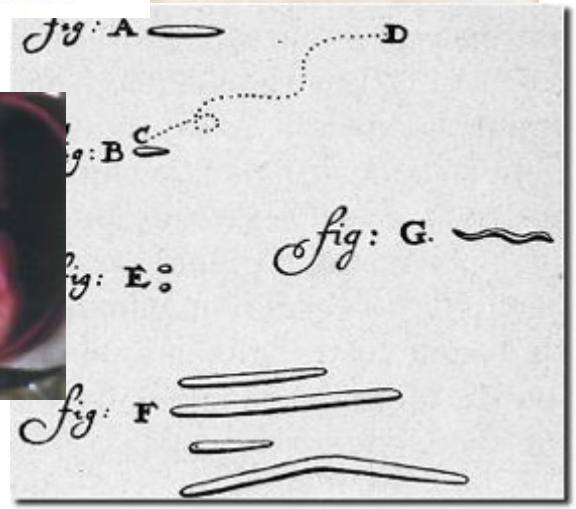
Anton van Leeuwenhoek

baute das erste funktionierende Mikroskop



„Im Zahnbelag kommen mehr Mikroorganismen vor als Menschen in einem Königreich.“

Anton van Leeuwenhoek



Mikroorganismen sind zu 50 - 60 % verantwortlich für den Turnover des globalen Kohlenstoffs und Stickstoffs
Das heißt auch, dass sie vermutlich mehr CO_2 fixieren als alle grünen Pflanzen zusammen!

Der Mensch besteht aus ca. 10^{12-13} Zellen,
trägt aber ca. 10^{14-16} Mikroorganismen mit sich
(z.B. 500.000 MO/cm^2 Haut: 10^{12} Haut, 10^{10} Mund, 10^{14} Darm)

Etwa 18 % aller Krebsarten werden durch Mikroorganismen (Bakterien, Viren) verursacht

Mund

http://ngm.nationalgeographic.com/2013/01/125-microbes; M. Oeggerli

Nase

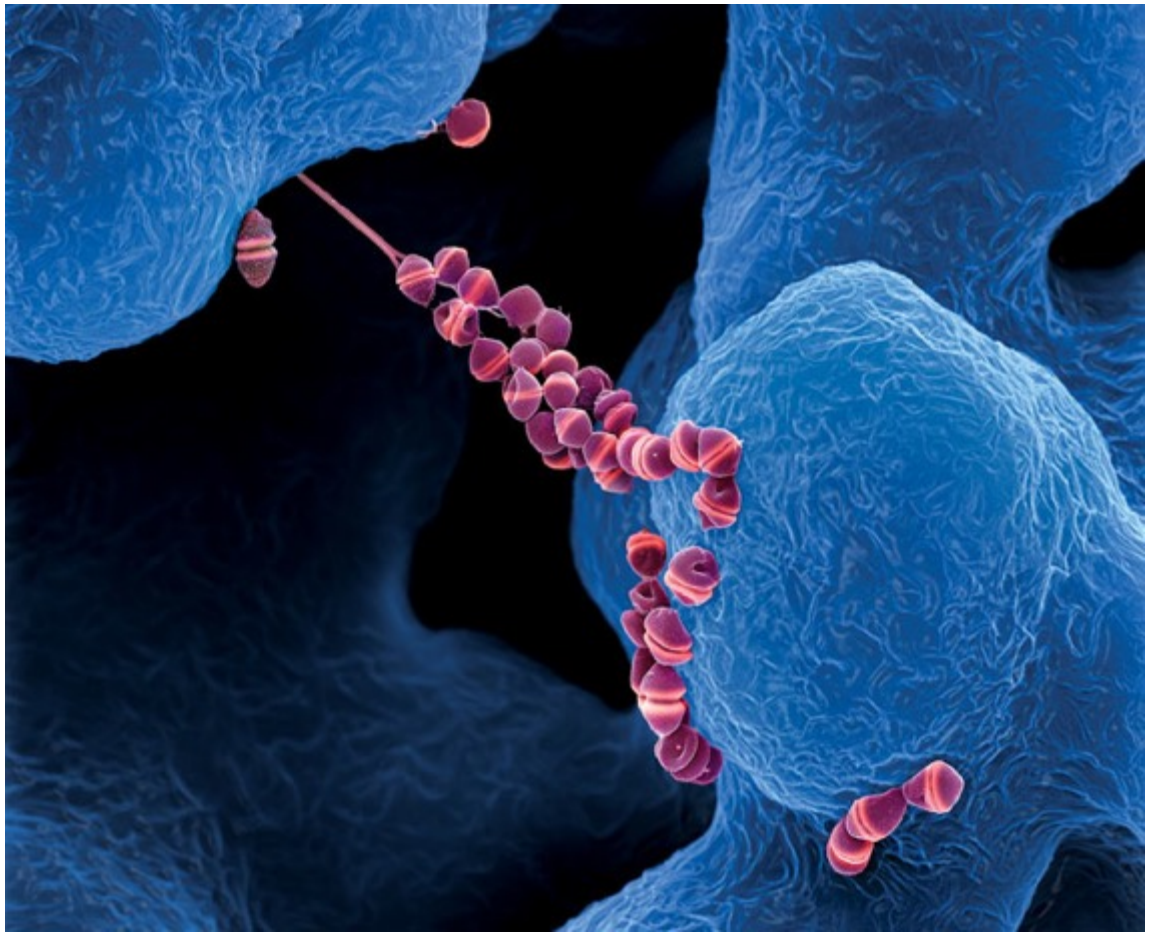
Staphylococcus aureus

http://ngm.nationalgeographic.com/2013/01/125-microbes; M. Oeggerli

Magen

Helicobacter pylori

http://ngm.nationalgeographic.com/2013/01/125-microbes; M. Oeggerli

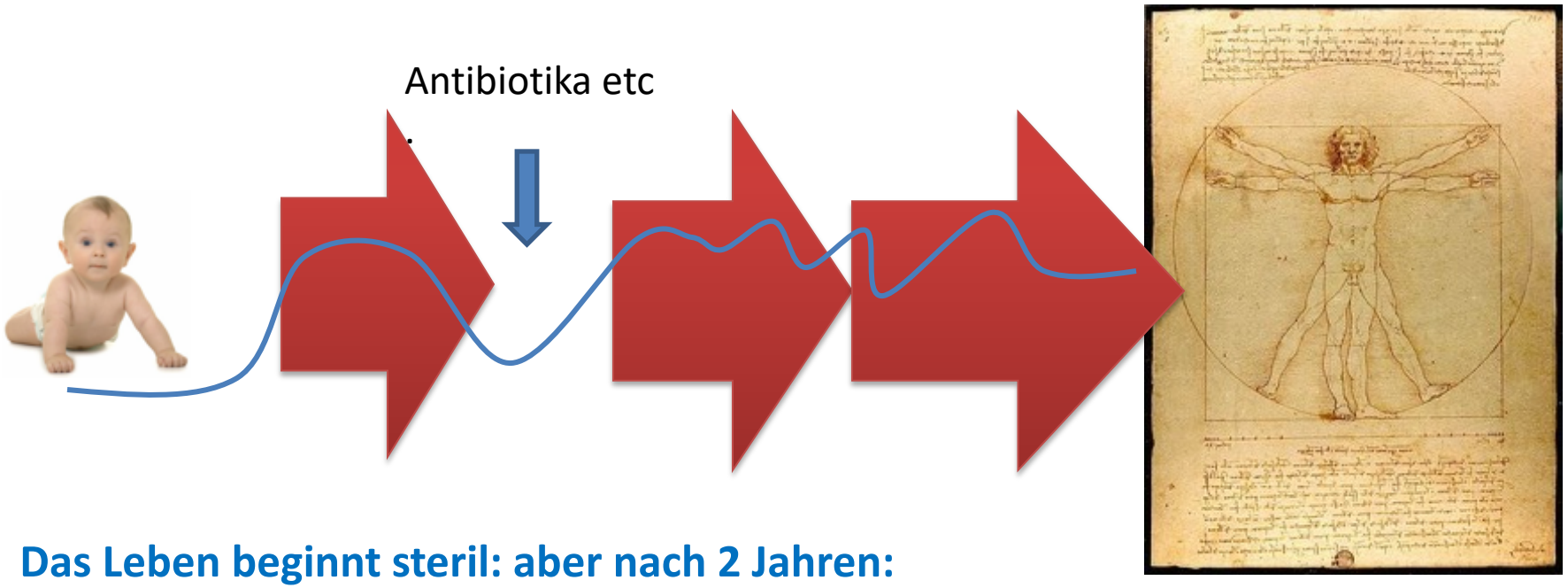


Hals- und Rachenraum

Streptococcus sp.

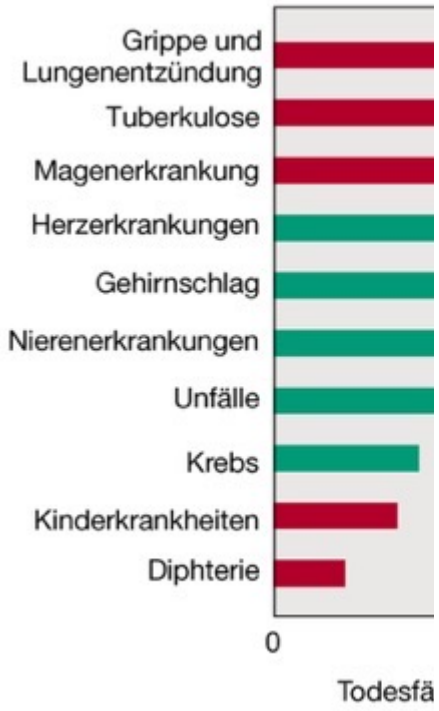
http://ngm.nationalgeographic.com/2013/01/125-microbes; M. Oeggerli

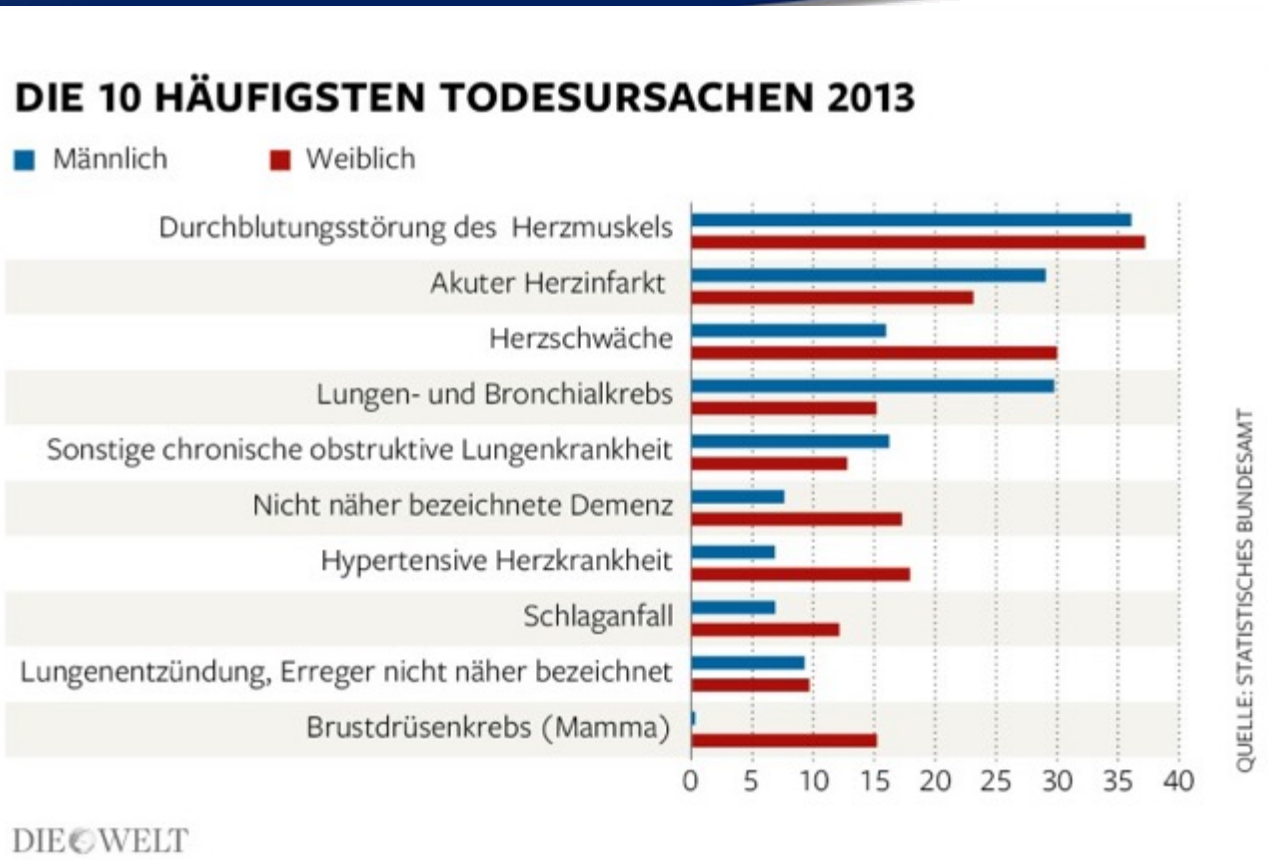
Beispiele aus dem täglichen Leben:



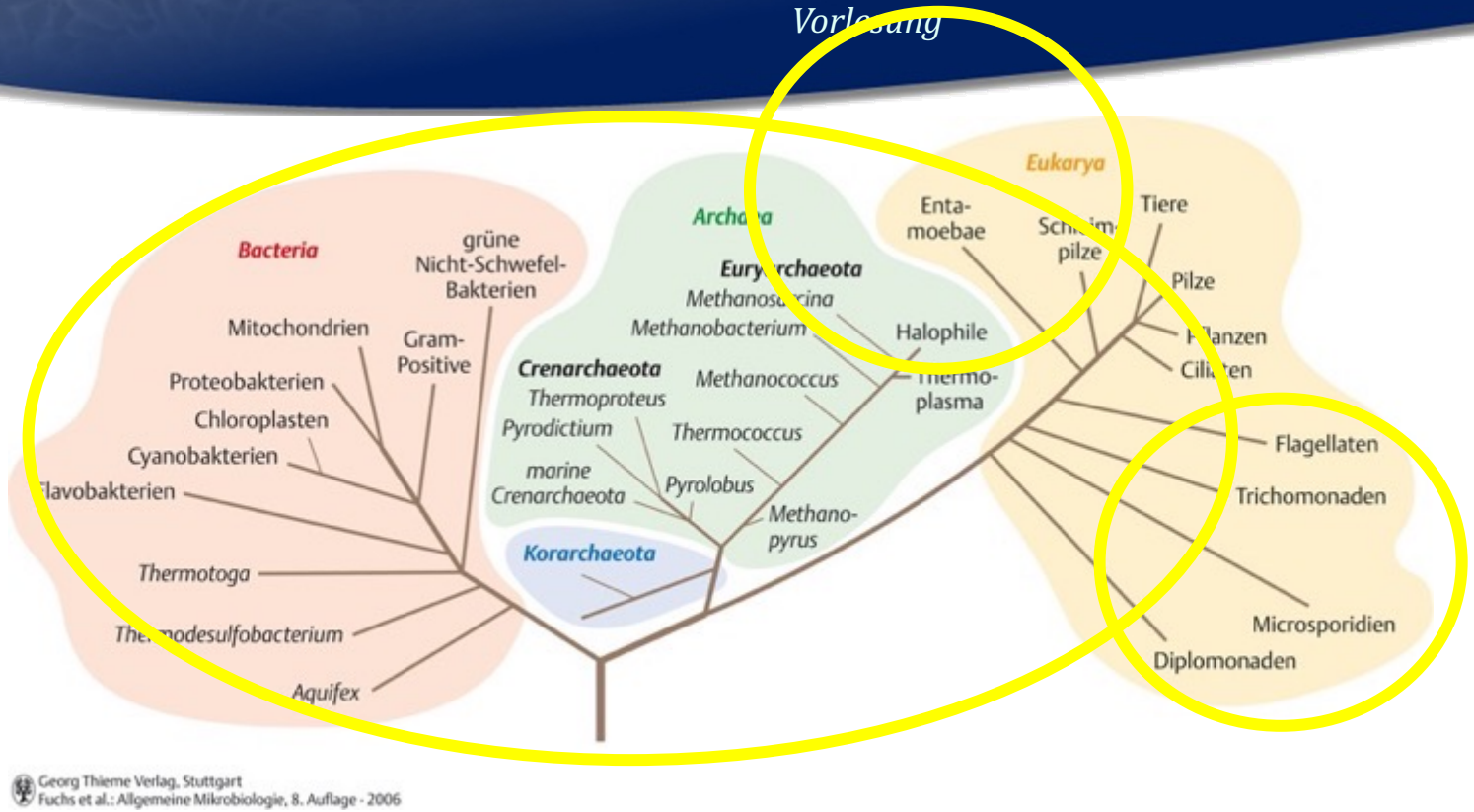
Das Leben beginnt steril: aber nach 2 Jahren:

10^{14} Bacterien/Archaeen





Im Jahr 1900 waren Infektionskrankheiten die Haupttodesursache, während sie heutzutage weniger bedeutsam sind. Mikrobielle Krankheiten sind rot gekennzeichnet, nicht mikrobielle Krankheiten, die zum Tod führen, grün. Die Daten stammen vom *United States National Center for Health Statistics*

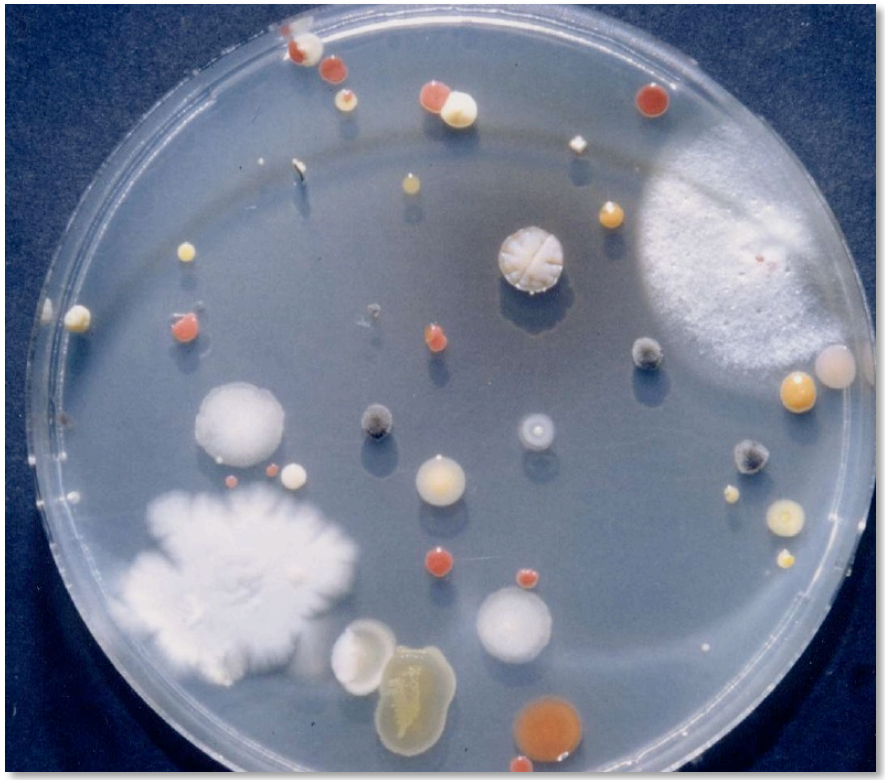


Georg Thieme Verlag, Stuttgart
Fuchs et al.: Allgemeine Mikrobiologie, 8. Auflage - 2006

Nur drei Domänen des Lebens: Zwei davon sind mit Mikroorganismen besetzt!

Zahlenmäßig und biomassemäßig sind die MO den Eukarya weit überlegen, daher sind sie auch enorm wichtig für Erderwärmung und den Treibhauseffekt sowie andere klimatische Veränderungen und von hoher Bedeutung für unsere Gesundheit und Wellness!

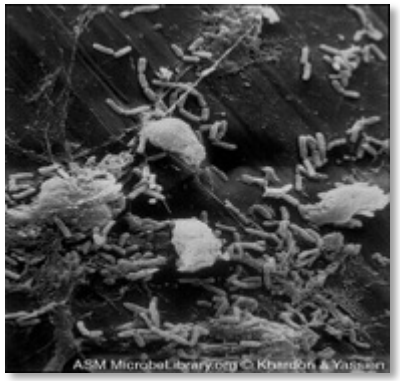
Was stellt man mit so einer Petrischale an ?



Luftkeimplatten!

Nur max. 1 % der MO kann kultiviert werden!

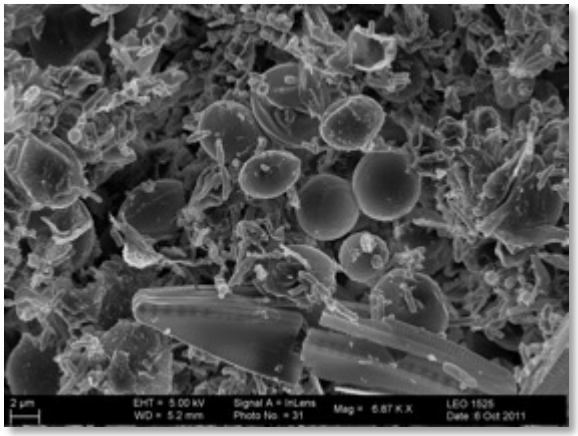
Beispiele aus dem täglichen Leben:



Intravenöser Katheter

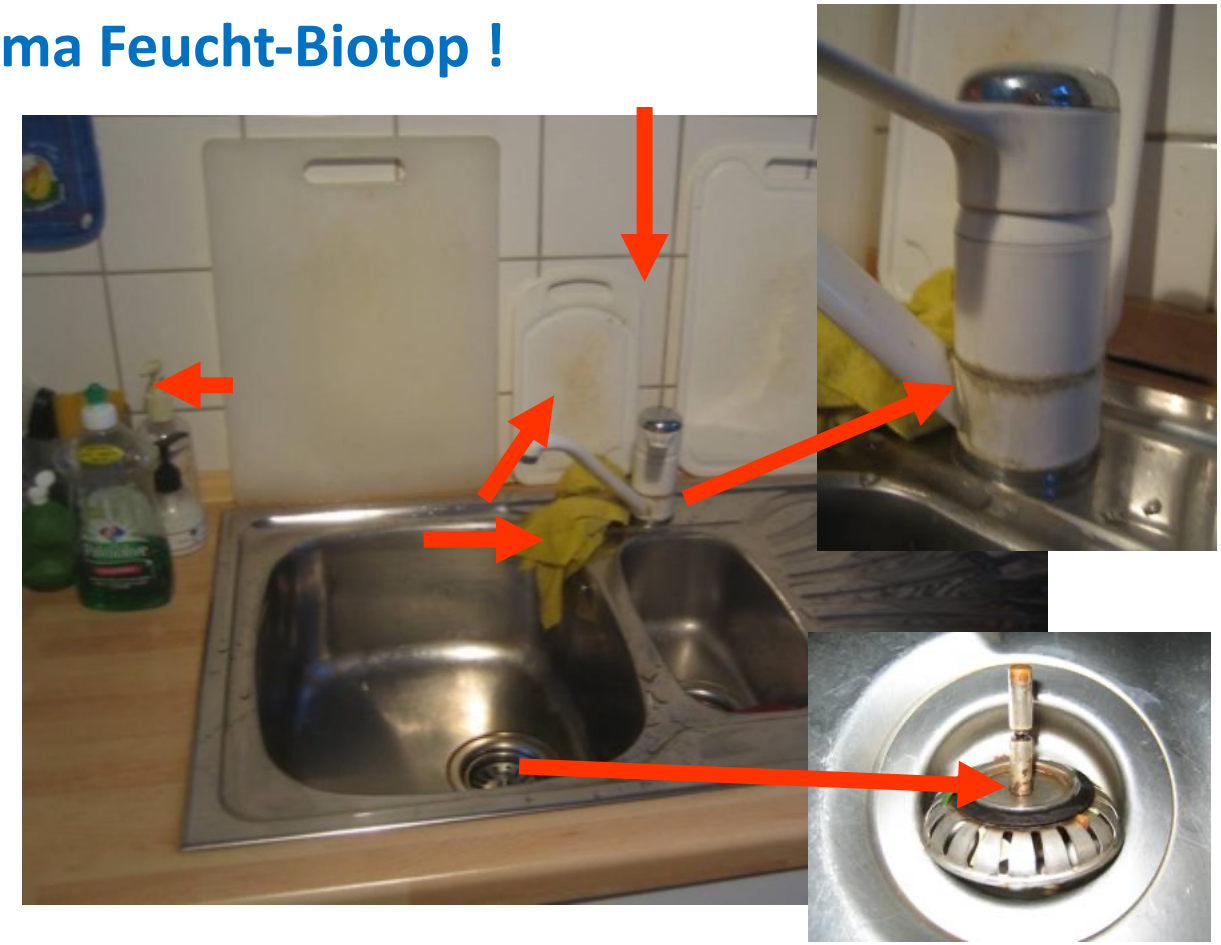
Blattoberfläche

Silikonimplantate

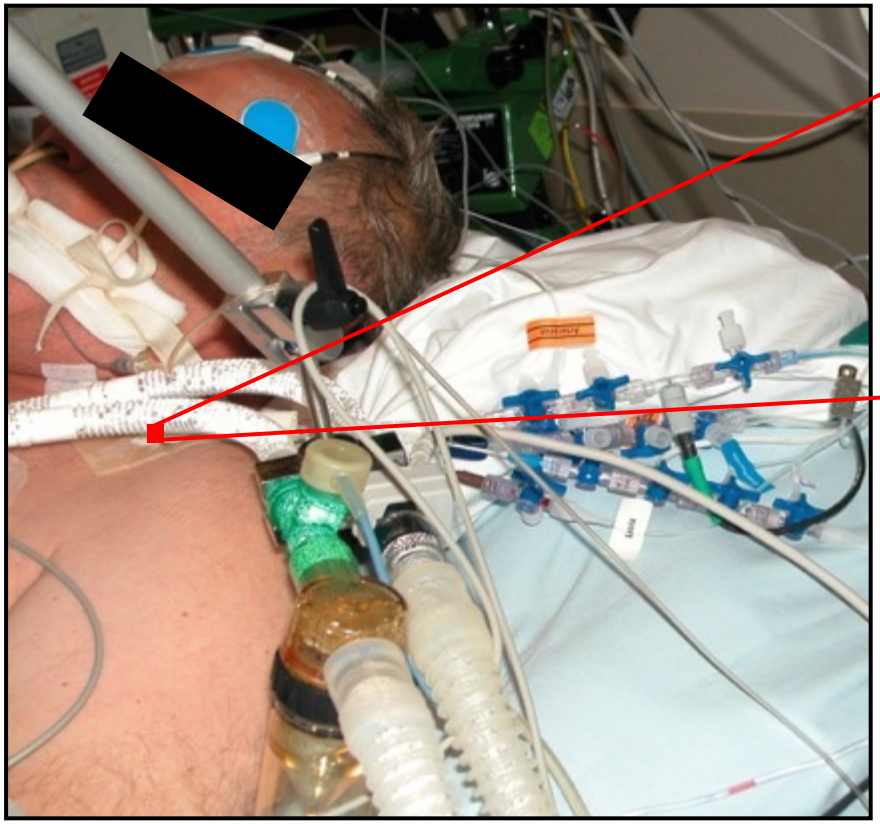


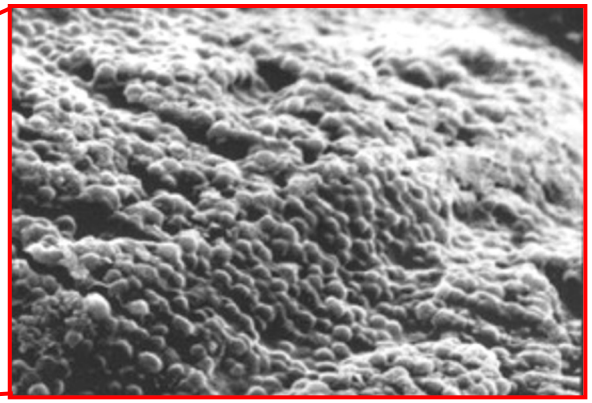
Photoreaktor

Die Küche als prima Feucht-Biotop !



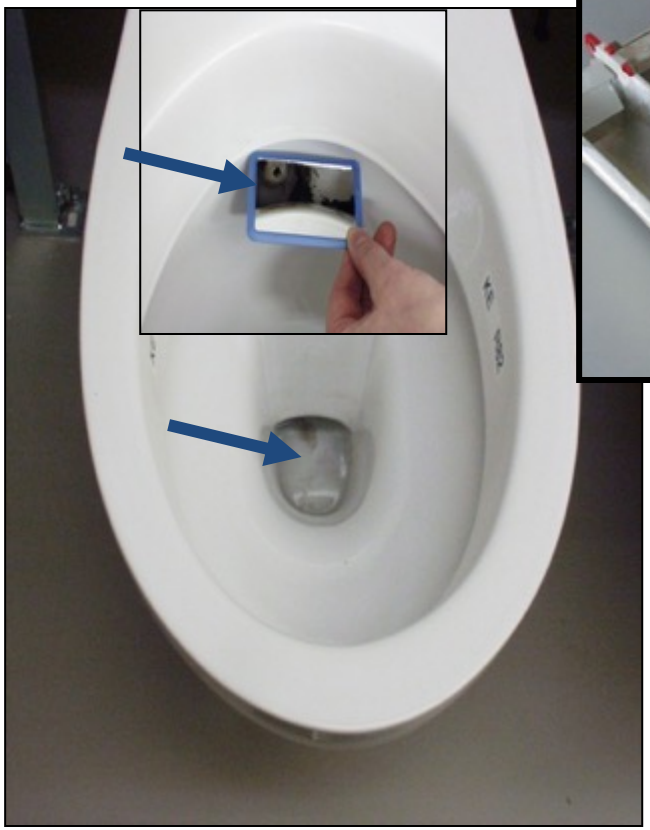
HC-Flemming, DUE





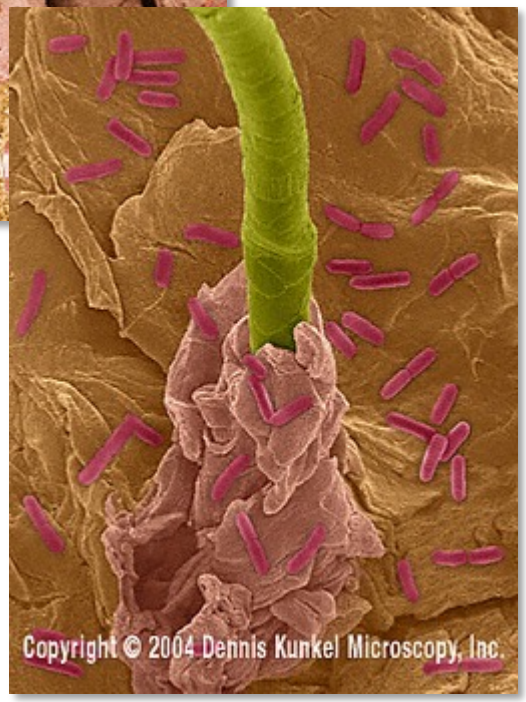
Persistente Infektionen
Wenig geeignete Diagnosetools
Versagen der Antibiotika-Therapie

H. Rohde, UKE Hamburg



Biofilme aus Bakterien Zuhause in Küche, Bad etc.

Beispiele aus dem täglichen Leben:



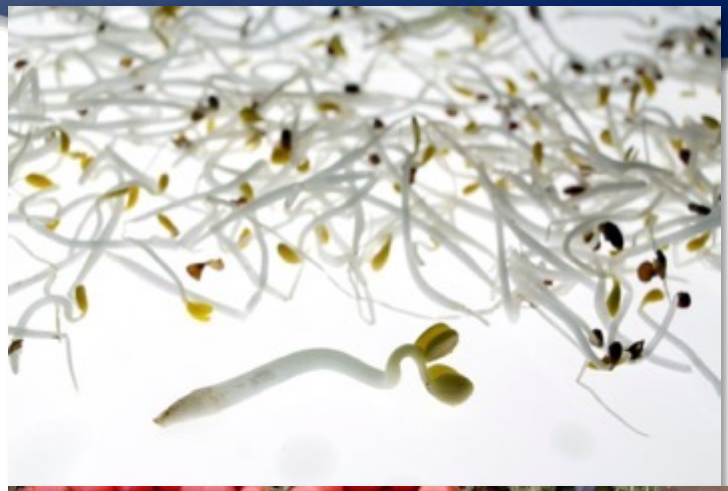
E. coli **- klassisches Darmbakterium**

E. coli: Ein Name, aber viele Gesichter:

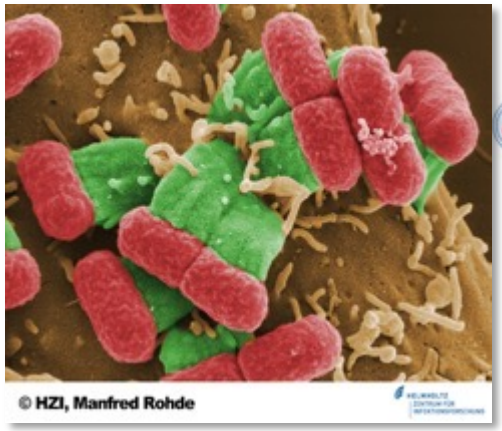
In der Regel ein normaler Bewohner des IT
verantwortlich für Vitaminbiosynthesen etc.

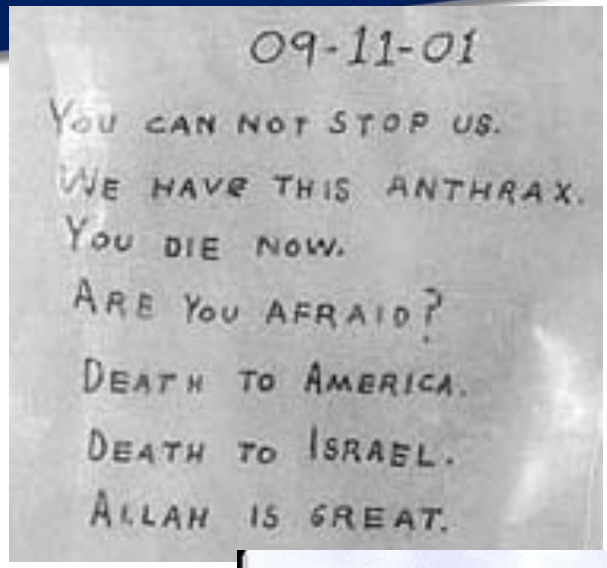
Einige Typen sind brandgefährlich !

- **ETEC (enterotoxisch)**
- **EPEC (enteropathogen)**
- **EIEC (enteroinvasiv)**
- **EHEC (enterohaemorrhagisch)**
- **EAEC (enteroaggregativ)**
- **und andere**

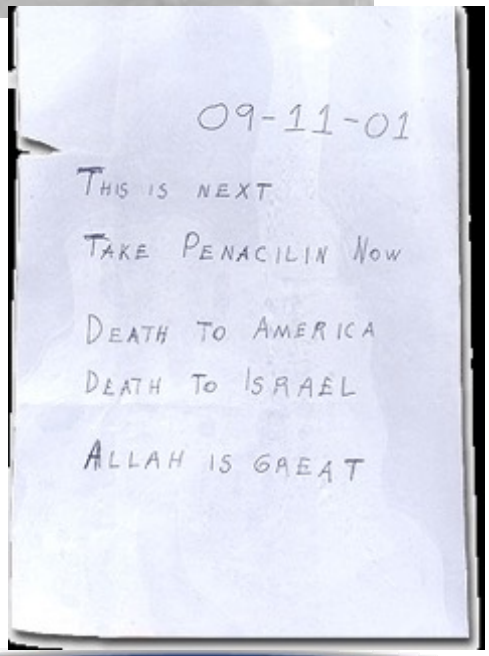


Blutige Durchfälle, Nierenversagen etc.
ca. 30 Todesfälle

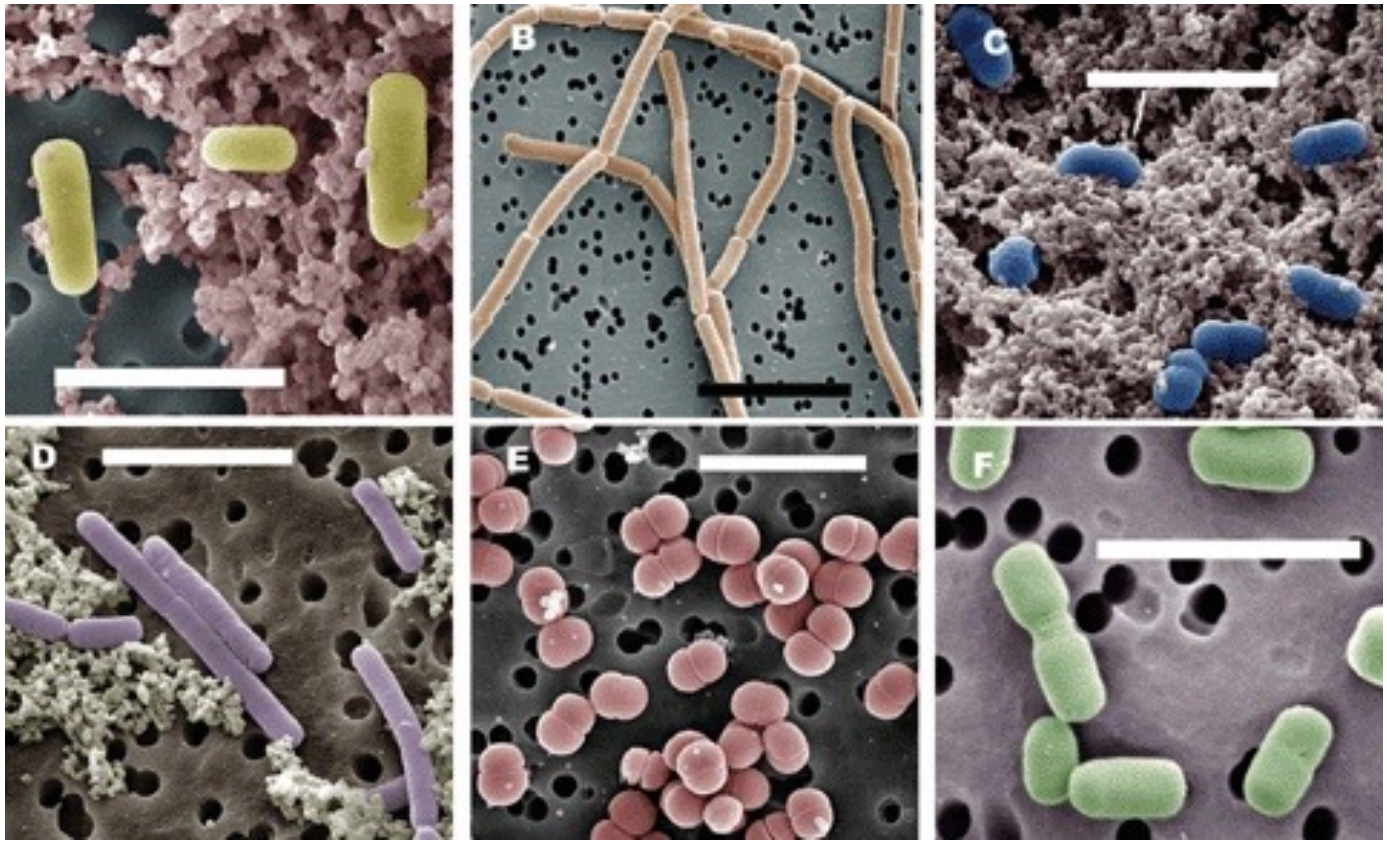




LETTER SENT TO:	NY	FL	DC
DATE MAILED:	*Sept 18*	Sept 18 (?)	Oct 9
NUMBER OF LETTERS:	2	1 (lost)	2
EARLIEST INFECTION:	Sept 22	Sept 27	Oct 13
PURITY:	10%	(?)	About 100%



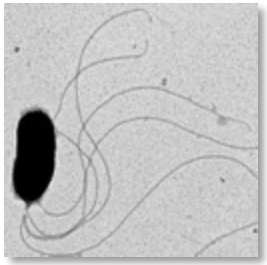
Lactobacillus helveticus ***Lb. delbrueckii* subsp. *bulgaricus*** ***Lactococcus lactis***



Lactobacillus casei ***Pediococcus pentosaceus*** ***Lactobacillus brevis***

Bakterien als Energiesparlampen

Vibrio fischeri



Biolumineszenz

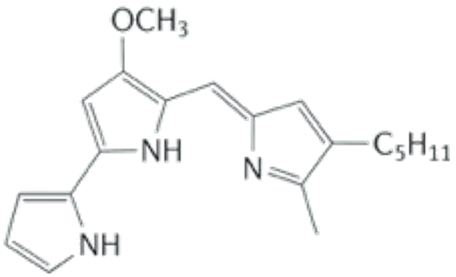
Euprymna scolopes

Bakterien machen echte „Wunder“

Serratia marcescens

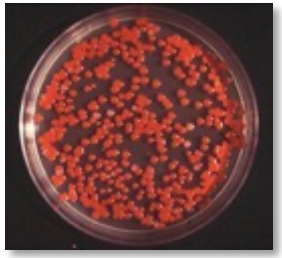
Bacterium prodigiosum

Monas prodigiosa

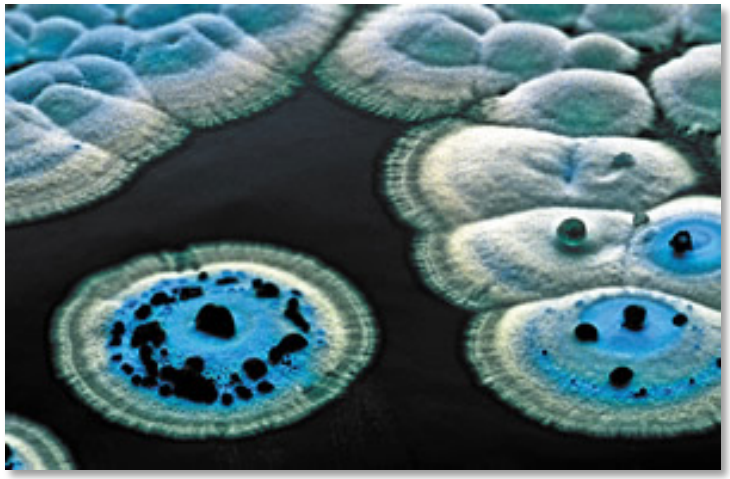


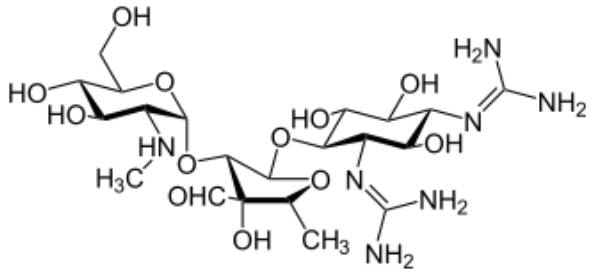
Prodigiosin

Raffael: „Messe von Bolsena 1263“



http://mv.vatican.va/6_DE/pages/x-Schede/SDRs/SDRs_02_01_012.html



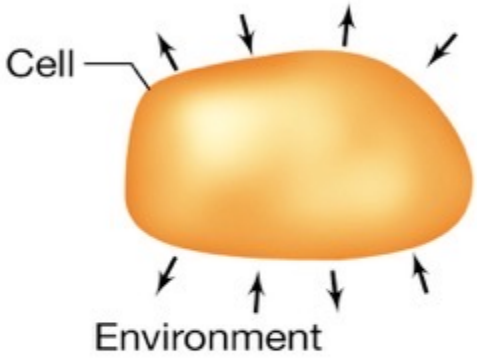


Streptomyces coelicor, grampositiv, gute Antibiotikaproduzenten

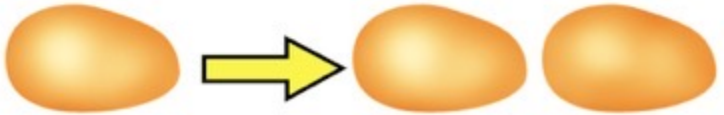
Bilder aus: Higher Education and Research Opportunities, the John Innes Centre.

Lebende Systeme

1. Metabolism
Uptake of chemicals from the environment, their transformation within the cell, and elimination of wastes into the environment. The cell is thus an *open* system.

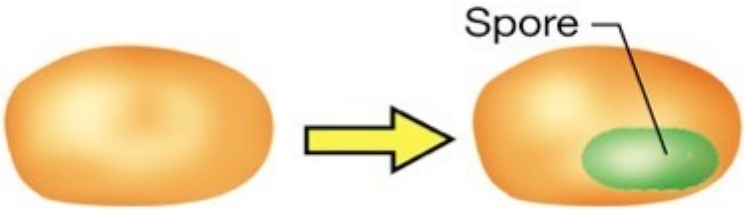


2. Reproduction (growth)
Chemicals from the environment are turned into new cells under the direction of preexisting cells.

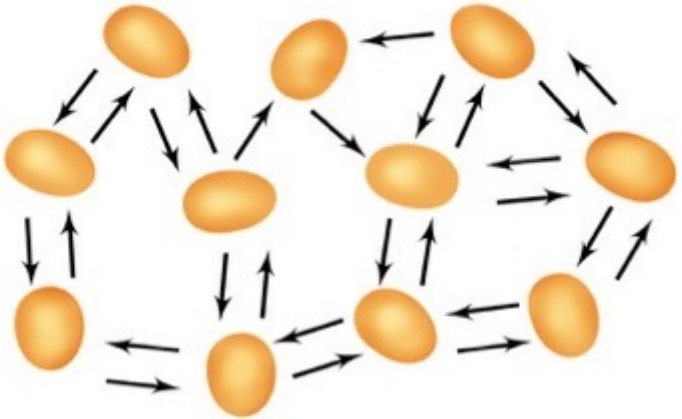


Lebende Systeme

3. Differentiation
Formation of a new cell structure such as a spore, usually as part of a cellular *life cycle*.

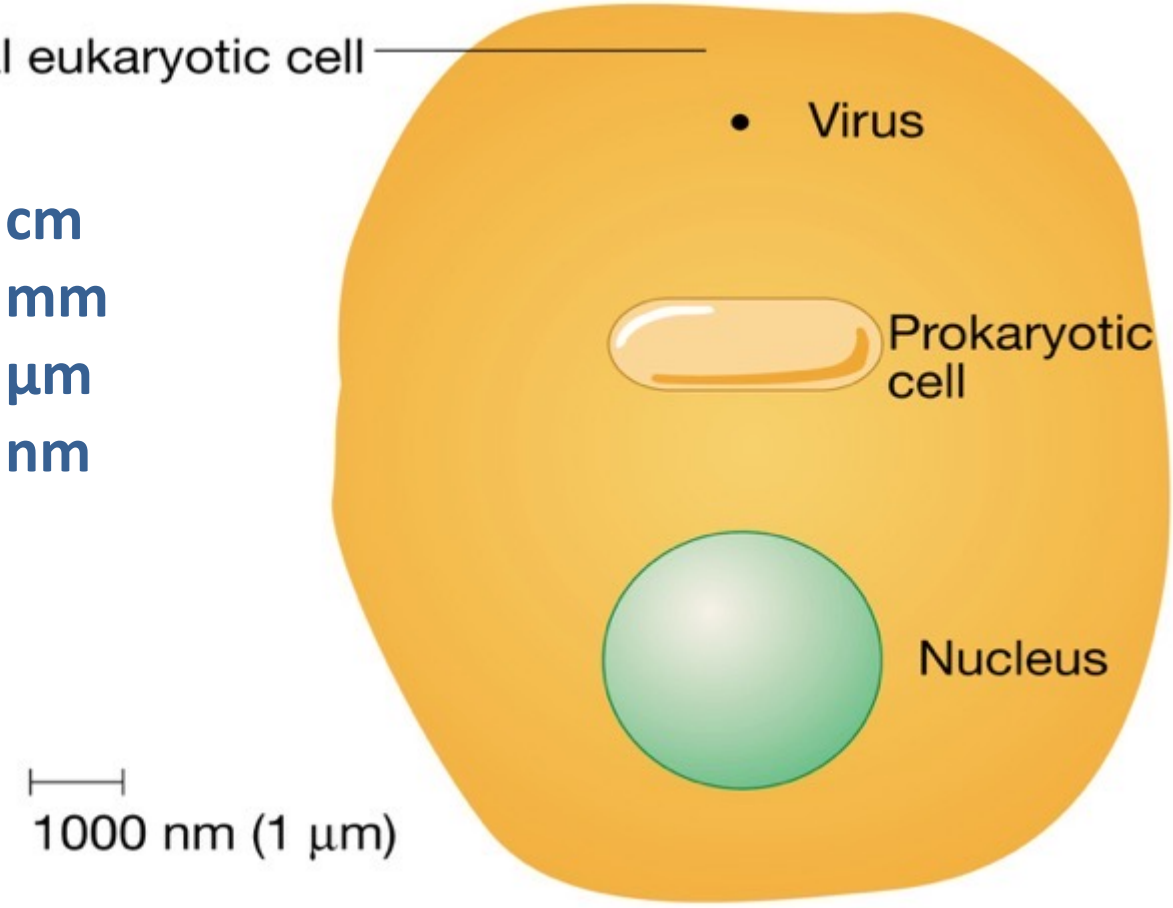


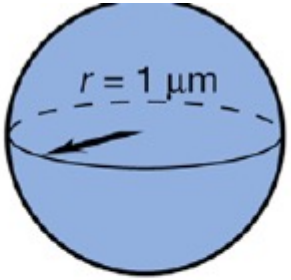
4. Communication
Cells *communicate* or *interact* primarily by means of chemicals that are released or taken up.



Zell-Größen

10^{-2} m	cm
10^{-3} m	mm
10^{-6} m	µm
10^{-9} m	nm

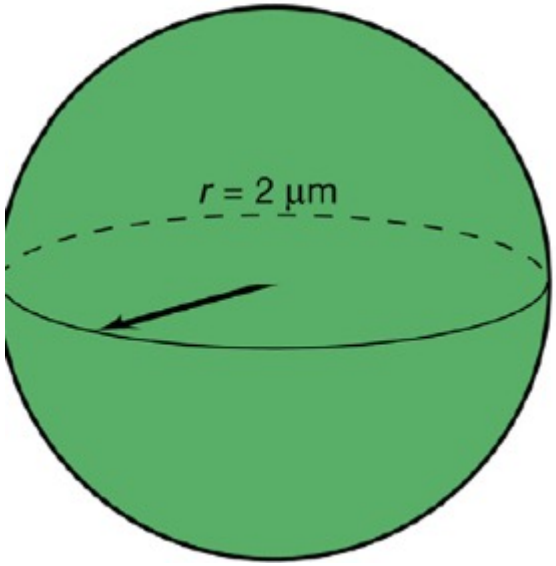




Surface area ($4\pi r^2$) = 12.6 µm^2

Volume ($\frac{4}{3}\pi r^3$) = 4.2 µm^3

$$\frac{\text{Surface}}{\text{Volume}} = 3$$



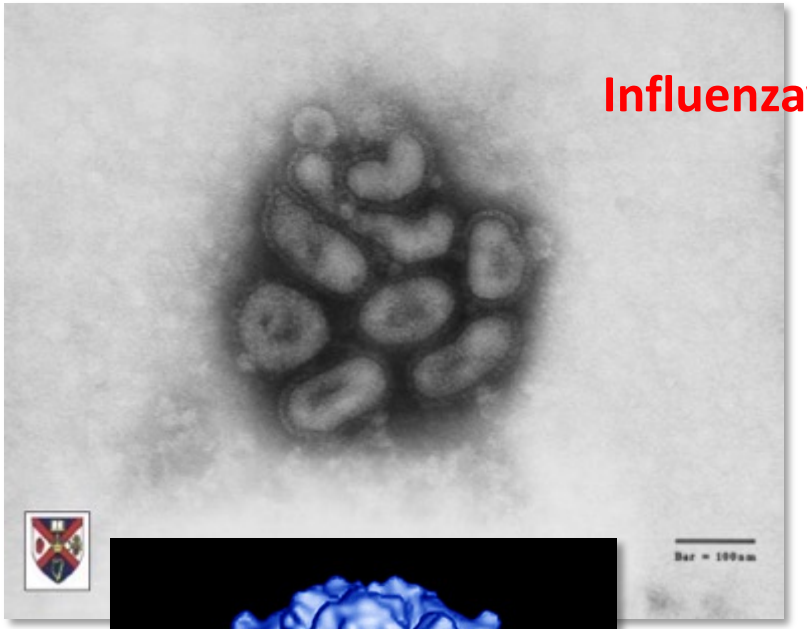
Surface area = 50.3 µm^2

Volume = 33.5 µm^3

$$\frac{\text{Surface}}{\text{Volume}} = 1.5$$

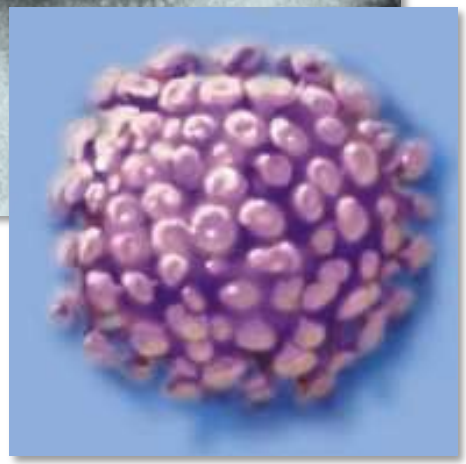
Größe-/ Volumen-/ Oberflächenverhältnisse sind extrem wichtig für Einzeller!

nm – Bereiche!

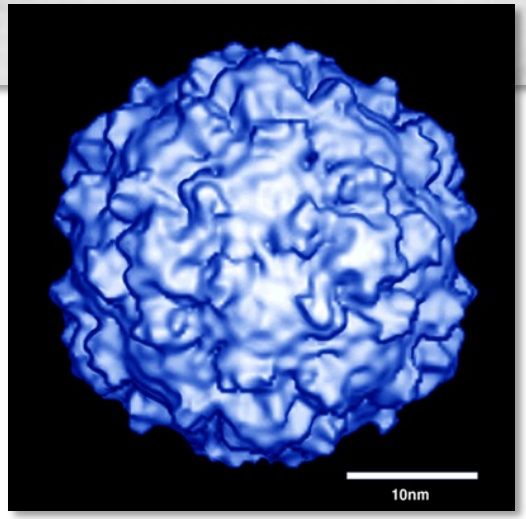


Influenzavirus

SARS Virus



Coronavirus

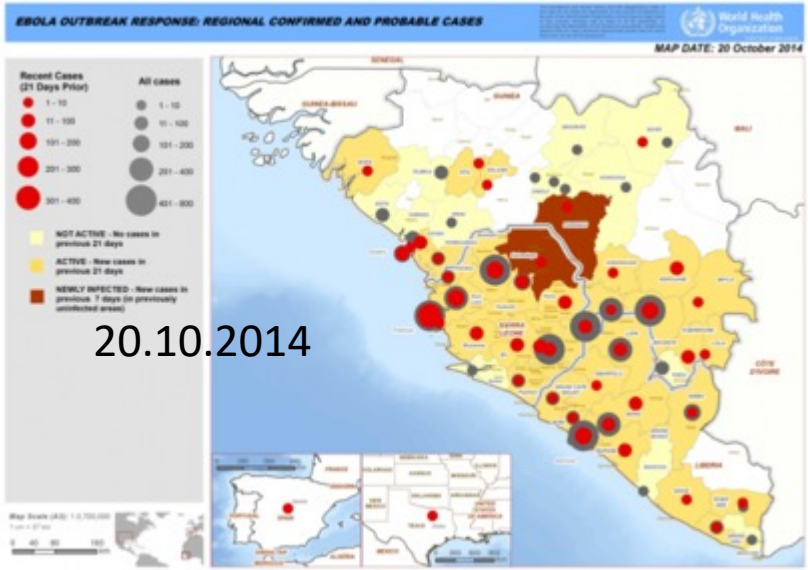


Poliovirus

Ebola Virus Disease (EVD) und ***Ebola Hämorrhagisches Fieber*** (Ebola HF)

30-90% der Fälle sind tödlich!

5 Virus-Gattungen:
Zaire, Sudan, Taï Forest,
Bundibugyo und Reston

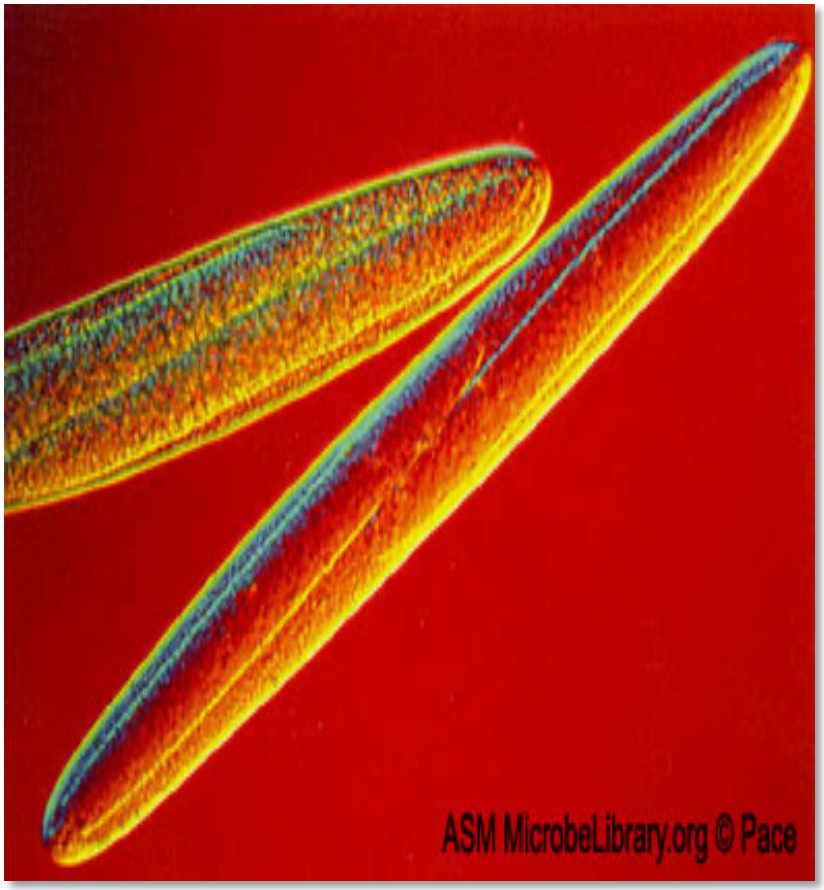

EBOLA OUTBREAK RESPONSE: REGIONAL CONFIRMED AND PROBABLE CASES
World Health Organization
MAP DATE: 20 October 2014
Recent Cases (21 Days Prior)
All cases
NOT ACTIVE - No cases in previous 21 days
ACTIVE - New cases in previous 21 days
NEWLY INFECTED - New cases in previous 7 days (in previously uninfected areas)

20.10.2014

Übertragung: Blut, Speichel, Schweiß, Urin, Stuhl oder Erbrochenes, Nadeln, OP-Bestecke etc.
Aber: vor Ausbruch der Krankheit sind Patienten nicht infektiös!

Symptome: Grippeähnlich, später auch z.T. Blutungen intern/extern, Rötungen, Atemnot Schluckbeschwerden

Die Riesen

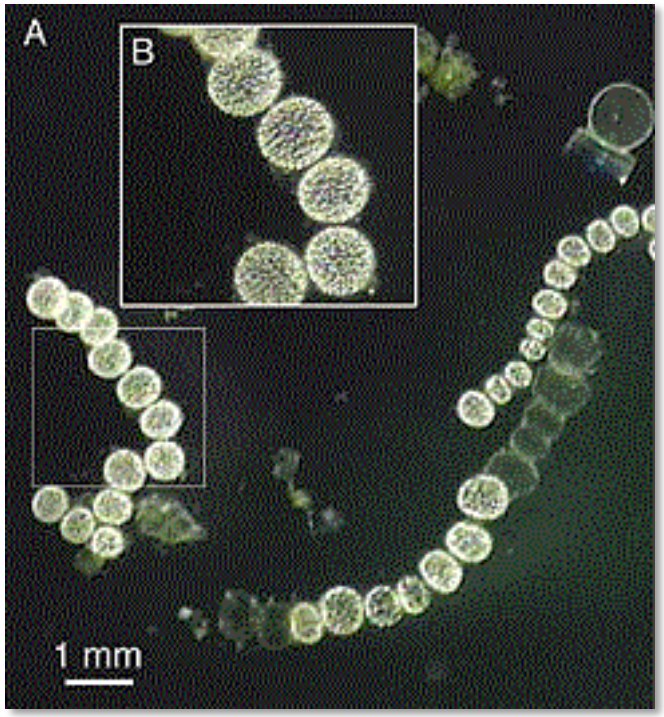


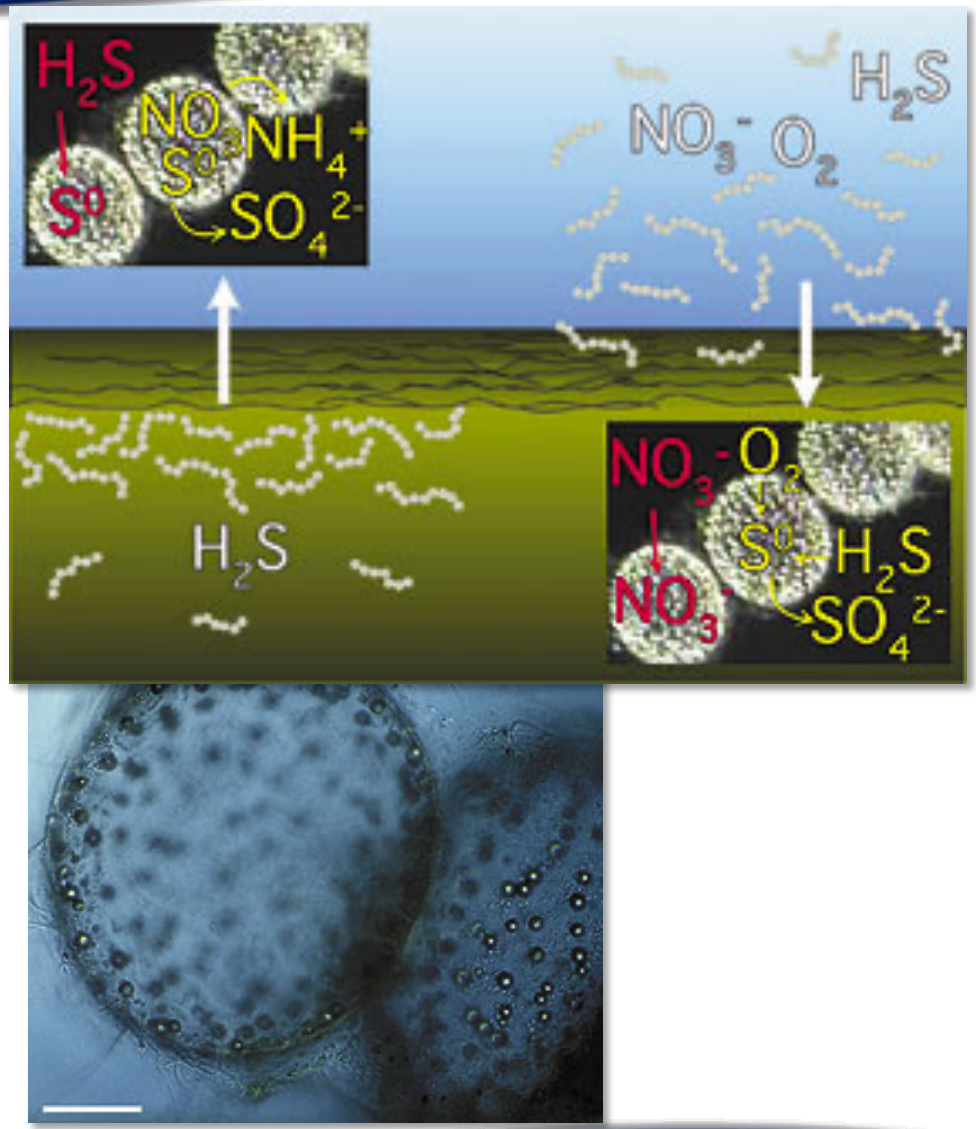
Epulopiscium fishelsoni

Das längste bekannte Bakterium 0,6 mm (600µm) in der Länge aber 0,08 mm (80 µm) in der Breite

Grampositiv, lebt im Intestinaltrakt von Fischen in tropischen Gewässern

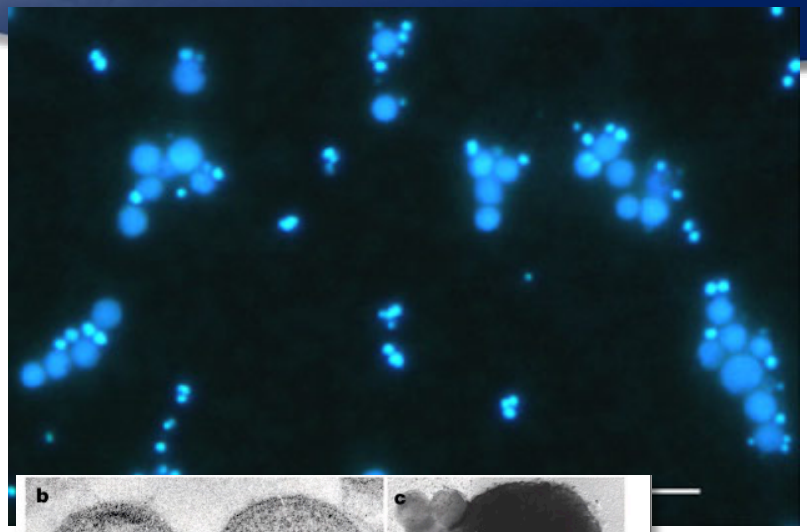
Thiomargarita namibiensis

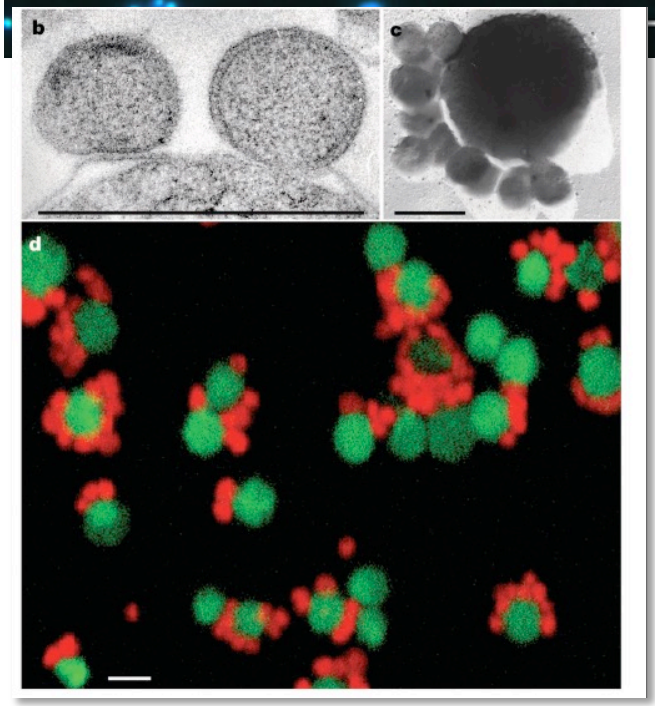




100-300 µm, bis zu 750 µm

(Im Vergleich: ***E. coli,*** 1-2 µm)





“Riding the fire sphere“
K. O. Stetter, Regensburg

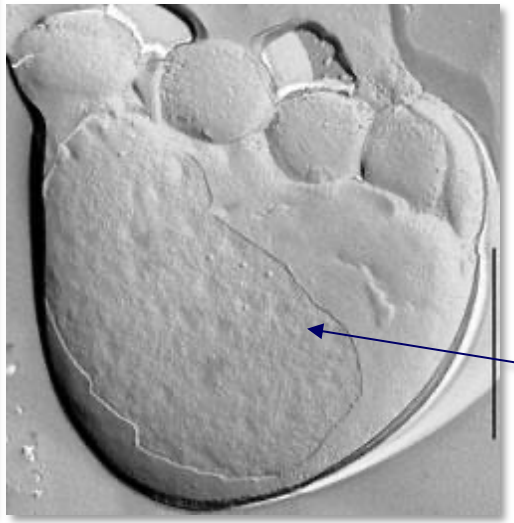
Nanoarchaeum equitans

Hyperthermophil: 100 °C

Geysire, Ozeanboden nahe Island

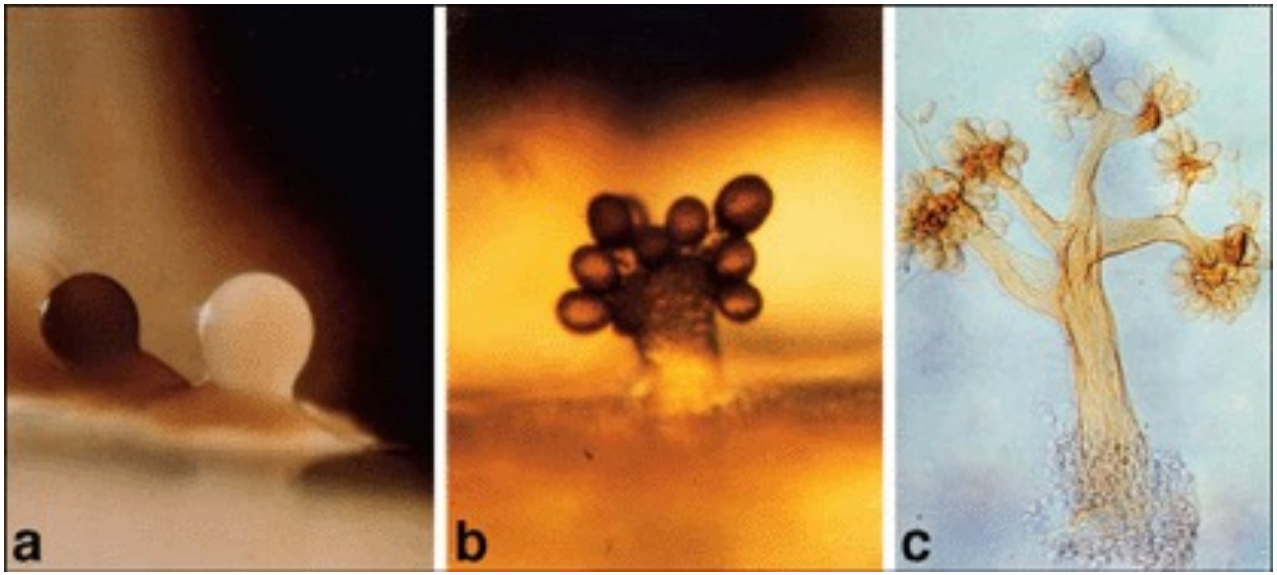
Kleinstes Genom: 490.885 bp

Einziger archaeeller ‘Parasit‘



Ignicoccus

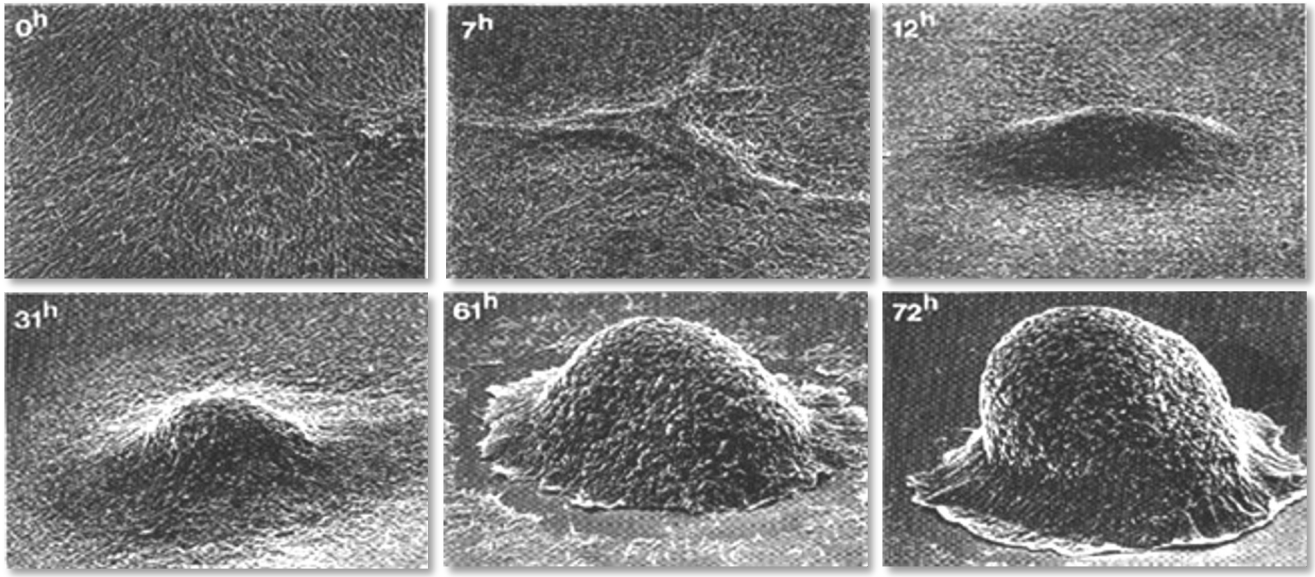
Myxobakterielle Fruchtkörper, jeweils ein paar Zehntel Millimeter hoch



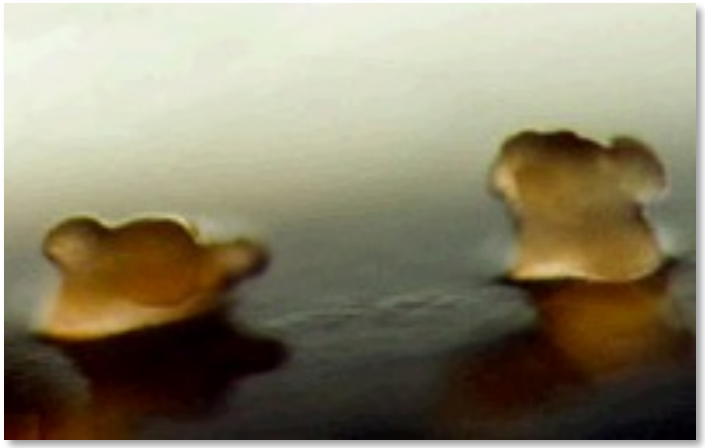
(a) ***Myxococcus fulvus*** (b) ***Stigmatella aurantiaca*** (c) ***Chondromyces crocatus***

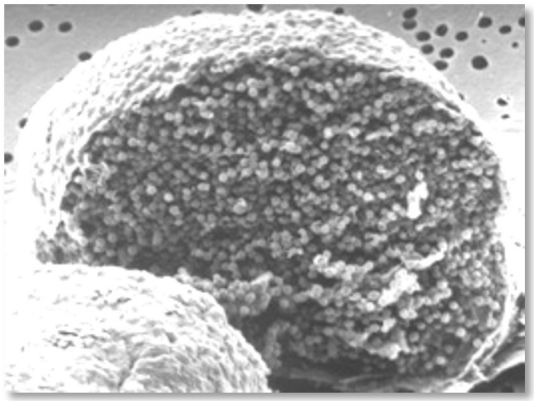
(Mit freundlicher Genehmigung von Hans Reichenbach.)

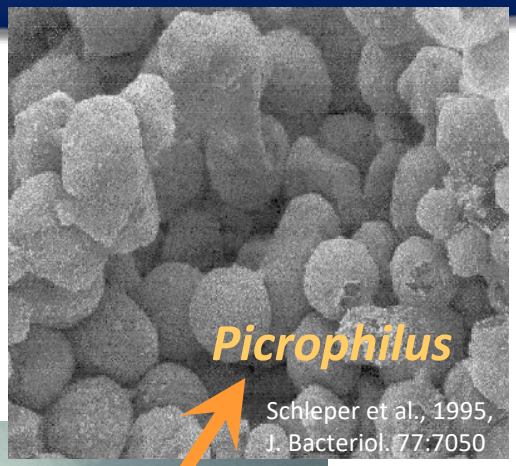
Bakterien sind sozial !



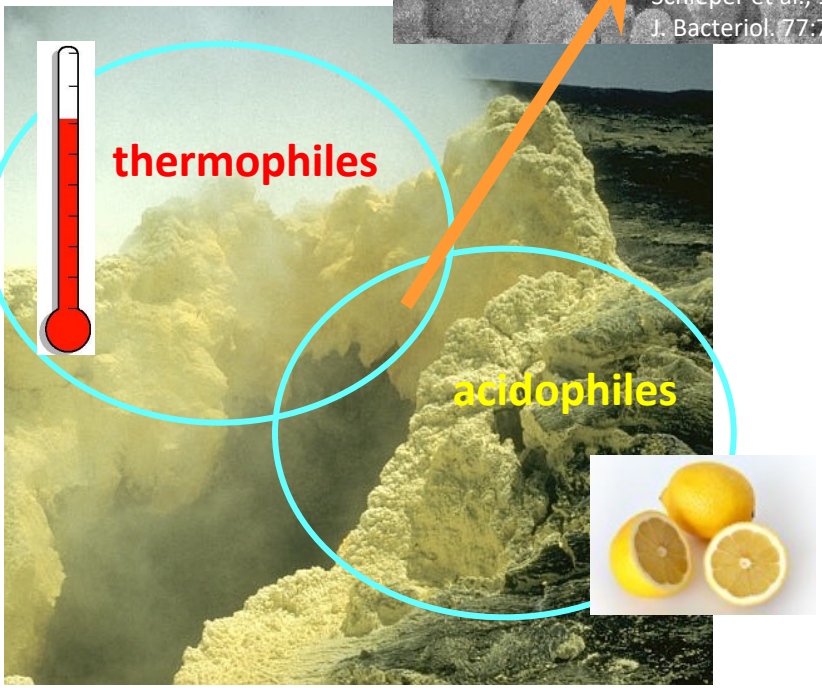
Kuner and Kaiser, 1982, J. Bac. 151:458-461.

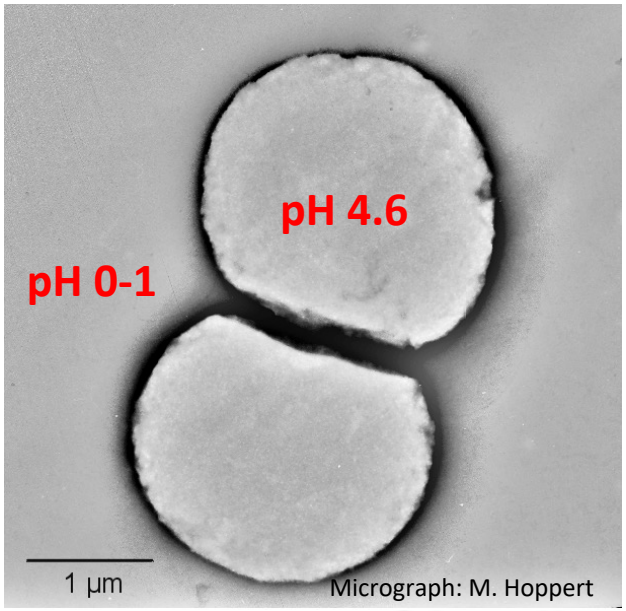






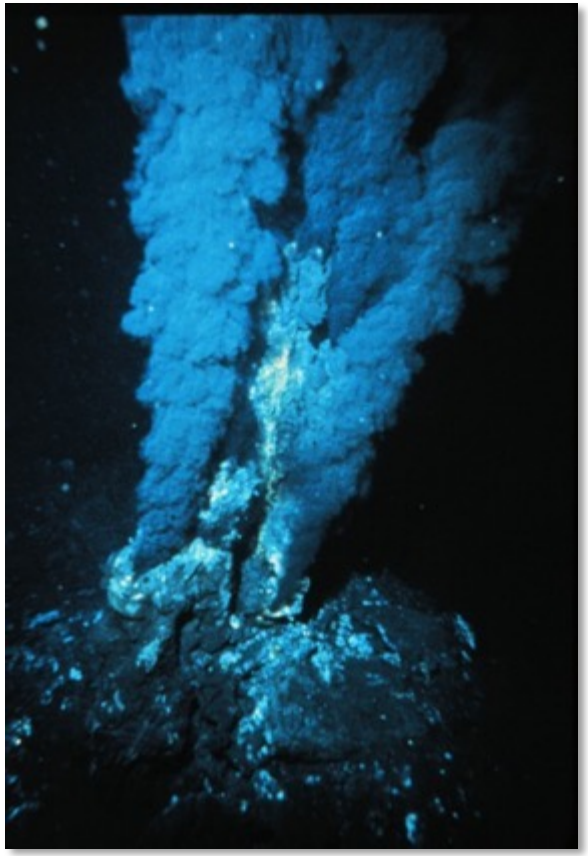
Einige mögen es sauer!



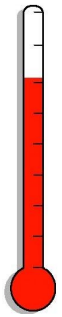


Picrophilus torridus

Extreme Standorte



Black smokers



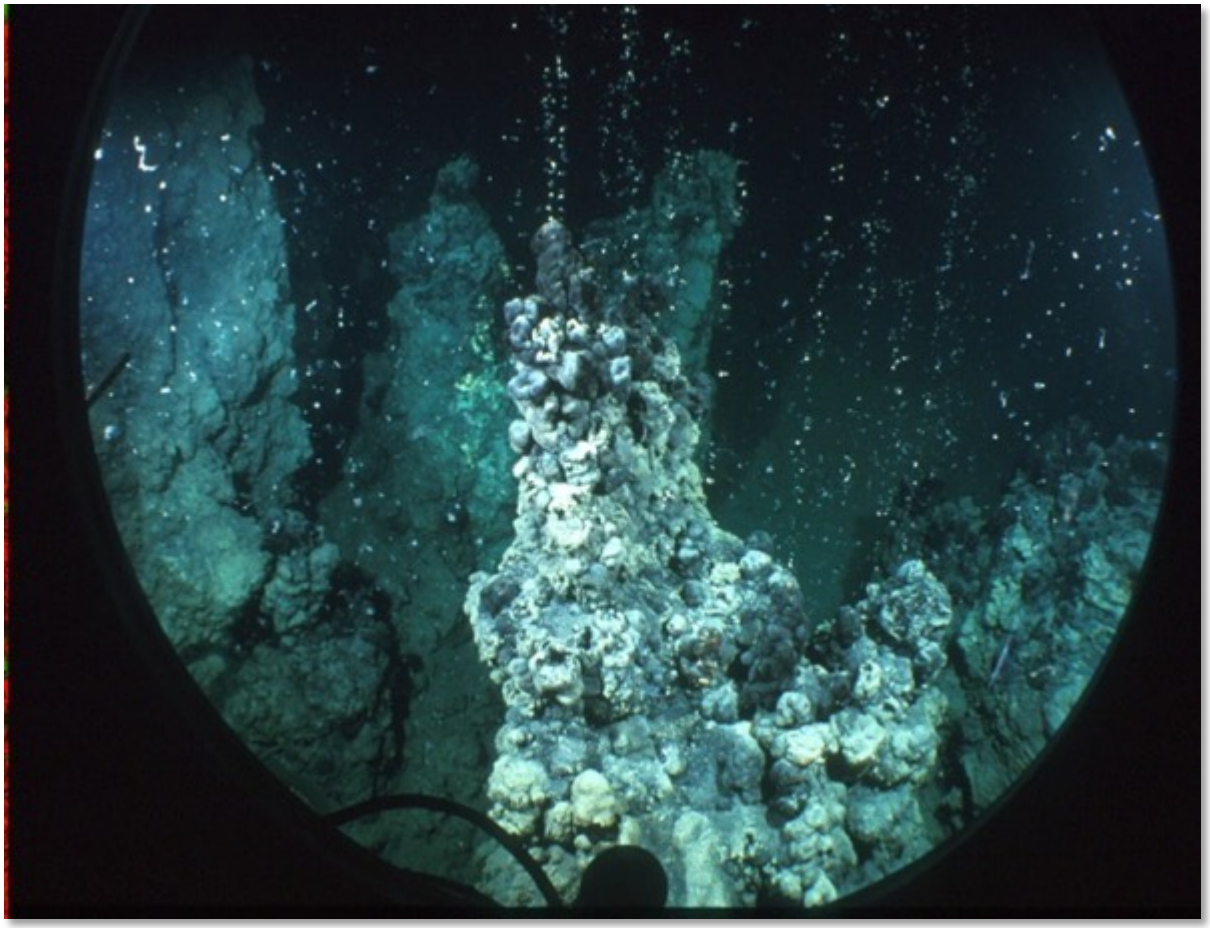
2500 m tief

Organismen: Extremophile

110 °C

pH = 2-11

hoher Druck

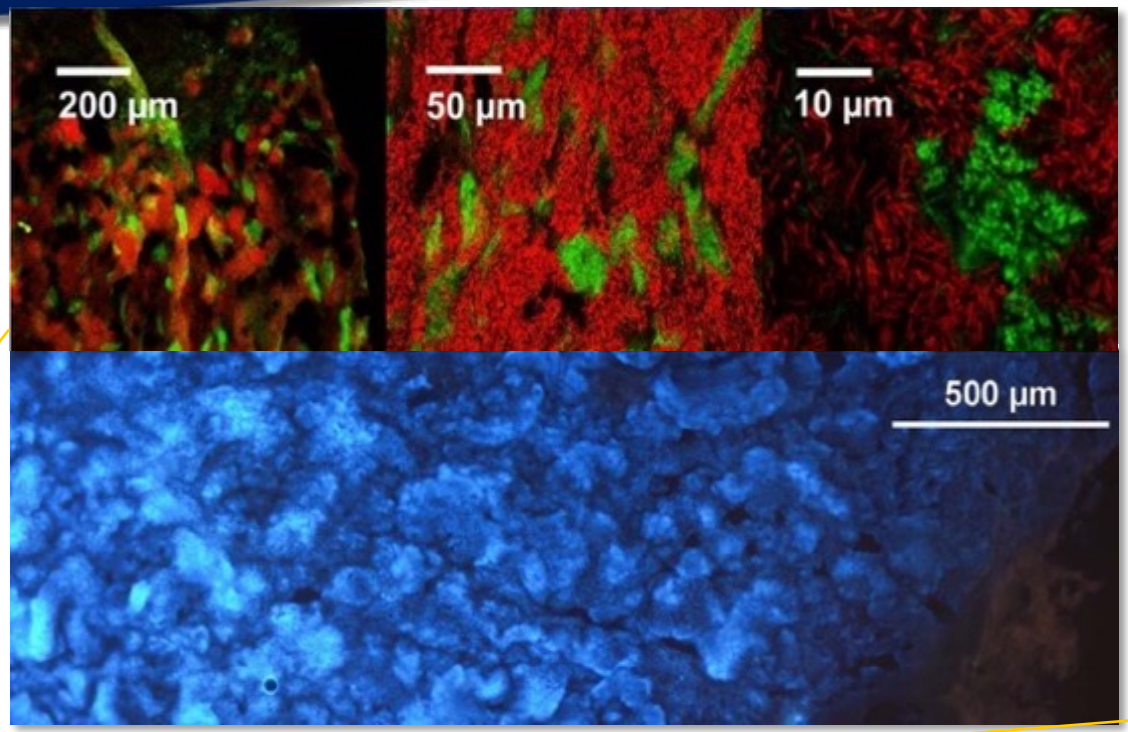


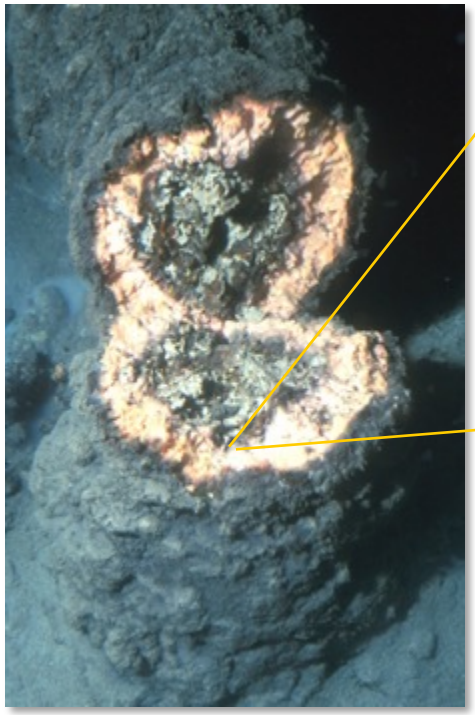
Metagenomics: IIb)
Schwarzes Meer,
230 m Tiefe

Blick vom Tauchboot JAGO

Michaelis et al., Science 2002

FISH-Aufnahmen eines mikrobiellen Riffes im Schwarzen Meer enthüllt dichte Schichten von …



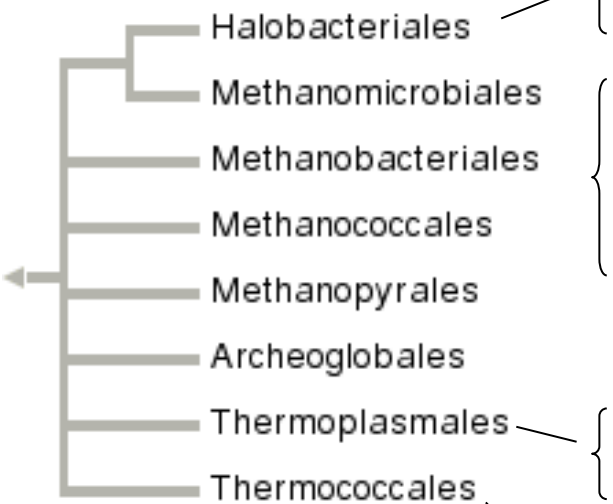


Archaeen der ANME-1 Gruppe

und sulfatreduzierende Bakterien,
verwandt mit *Desulfosarcina / Desulfococcus*

Michaelis et al., Science 2002

Euryarchaeota



Hohe Salzkonzentration

Halobacterium	**5 M NaCl**
Haloarcula	**5 M NaCl**

Methanobacterium
Methanococcus
Methanopyrus
Methanosarcina

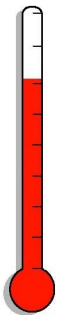
extrem sauerstoffsensitiv

Archaeoglobus — **95 °C**

Thermoplasma	**65 °C**	**pH = 0.5**
Picrophilus	**60 °C**	**pH = 0.5**

Tiefer pH

Thermococcus	**97 °C**
Pyrococcus	**100 °C**
Pyrobaculum	**103 °C**



extrem thermophil

Das hochgradig **strahlungsresistente** Bakterium

Deinococcus radiodurans

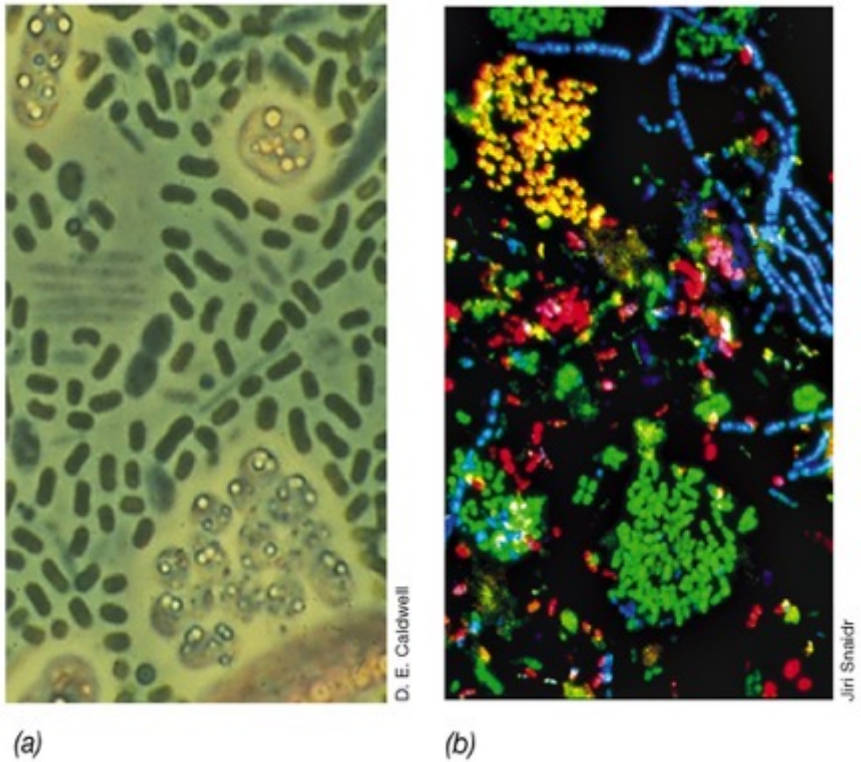
Dieser Organismus kann Strahlungsdosen widerstehen, die weit über denen liegen, die einen Menschen töten würden

Michael J. Daly

Beispiele mikrobieller Gemeinschaften

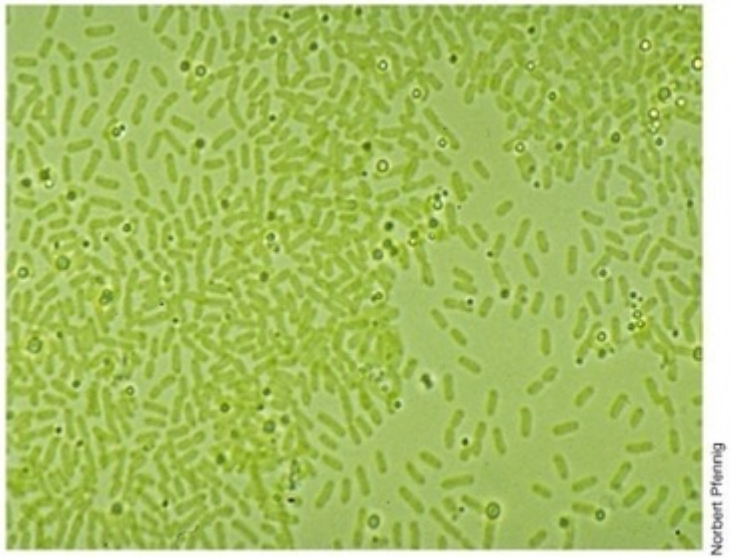
(a) Mikroskopische Aufnahme einer Bakteriengemeinschaft, die sich in den Tiefen eines kleinen Sees (Wintergreen Lake, Michigan) entwickelte. Es werden Zellen unterschiedlicher Größe gezeigt

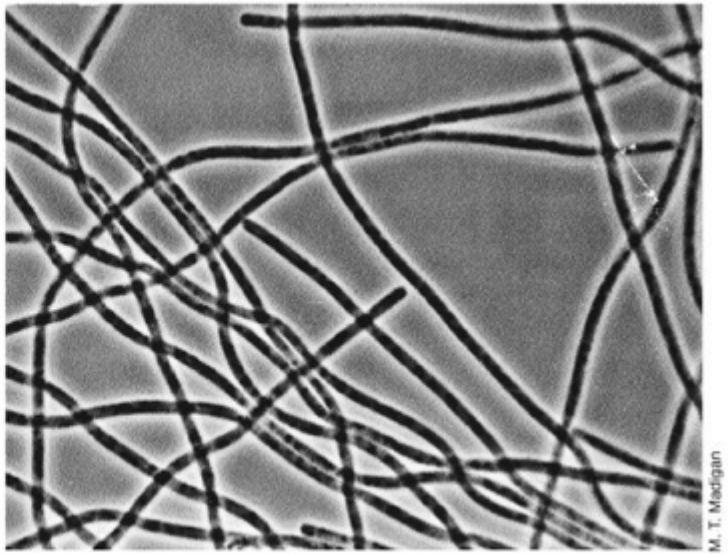
(b) Eine Bakteriengemeinschaft in einer Klärschlammprobe. Die Probe wurde mit verschiedenen Farbstoffen gefärbt, von denen jeder eine andere Bakteriengruppe färbte



Aus R. Amann, J. Snaidr, M. Wagner, W. Ludwig und K.-H. Schleifer, 1996, Journal of Bacteriology 178: 3496-3500, Abbildung 2b © 1996 American Society for Microbiology.

Phototrophe grüne Bakterien





Chlorobium

(grünes Schwefelbakterium)
Eine einzelne Zelle ist ungefähr 0,8µm breit

Chloroflexus

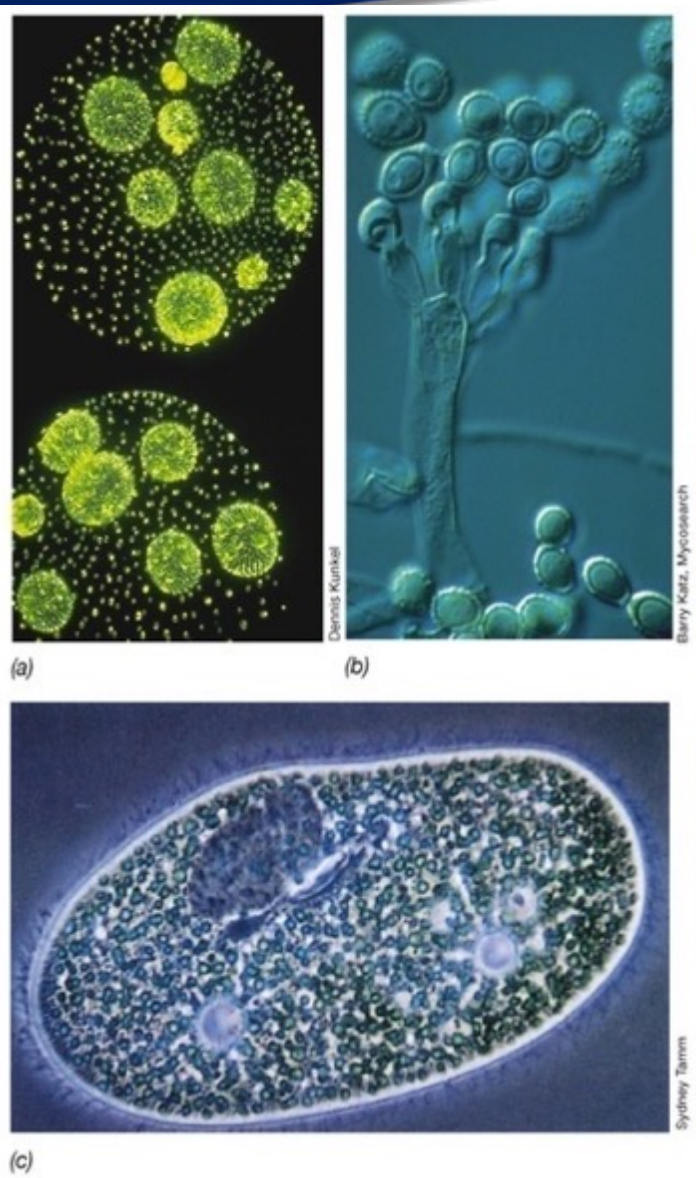
(grünes Nichtschwefelbakterium)
Ein Filament ist ungefähr 1,3µm breit

Mikrobielle Eukaryoten

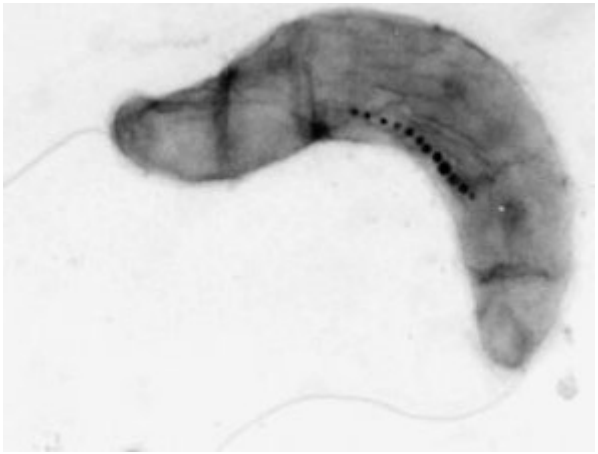
(a) **Algen**: die koloniebildende grüne Alge *Volvox* Jede der rund geformten Zellen enthält mehrere Chloroplasten, die photosynthetische Organelle phototropher Eukaryoten

(b) **Pilze**: die sporentragenden Strukturen eines typischen **Schimmelpilzes**. Aus jeder Spore kann ein neuer filamentöser Pilz entstehen

(c) **Protozoen**: die cilientragende Protozoe *Paramecium*

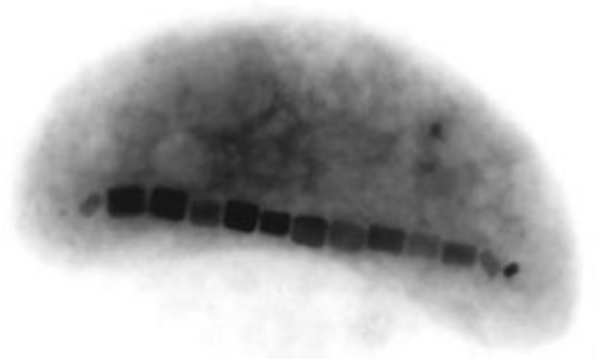


Bakterien mit Navigationsgeräten!



Elektronenmikroskopische Aufnahmen
von magnetischen Bakterien

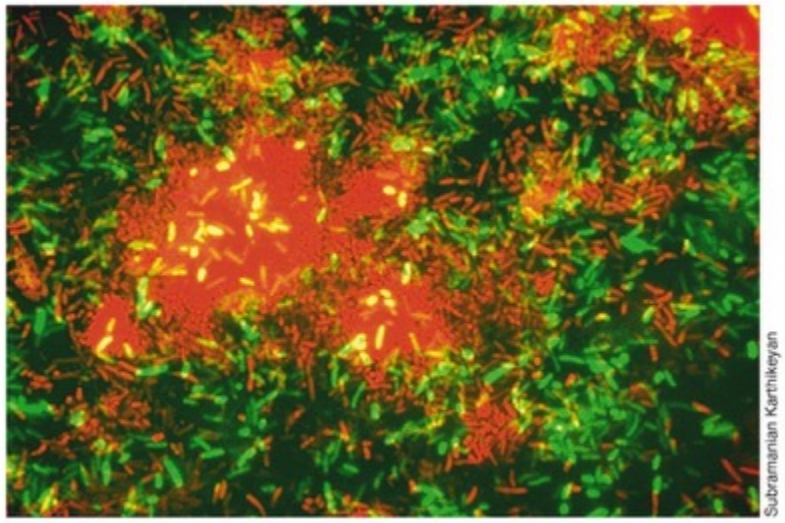
Magnetobacterium gryphiswaldense



und ein bisher nicht
kultiviertes magnetisches Bakterium aus
einem Süßwassersediment

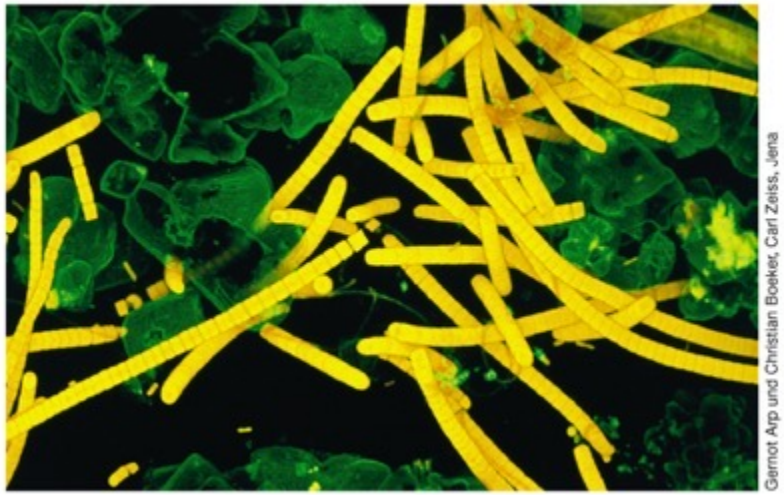
(a) Konfokalaufnahme einer gemischten mikrobiellen Gemeinschaft auf einem im Labor kultivierten Biofilm

die grünen, stäbchenförmigen Zellen sind ***Pseudomonas aeruginosa***, die für den Versuch in den Biofilm eingeführt wurden



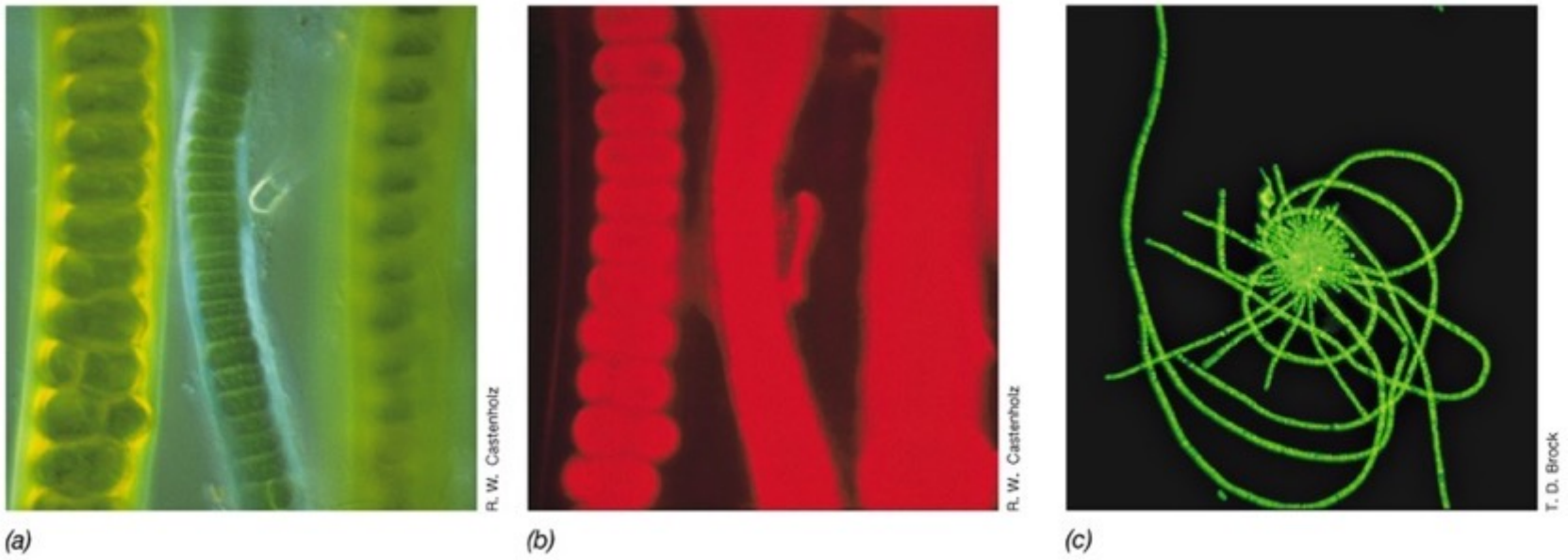
(a)

(b) Aufnahme mit einem konfokalen Rasterlasermikroskop eines filamentösen **Cyanobakteriums**, das in einem Sodasee wächst



(b)

Mikroskopische Aufnahme verschiedener Mikroorganismen, wie sie unter einem Fluoreszenzmikroskop sichtbar werden



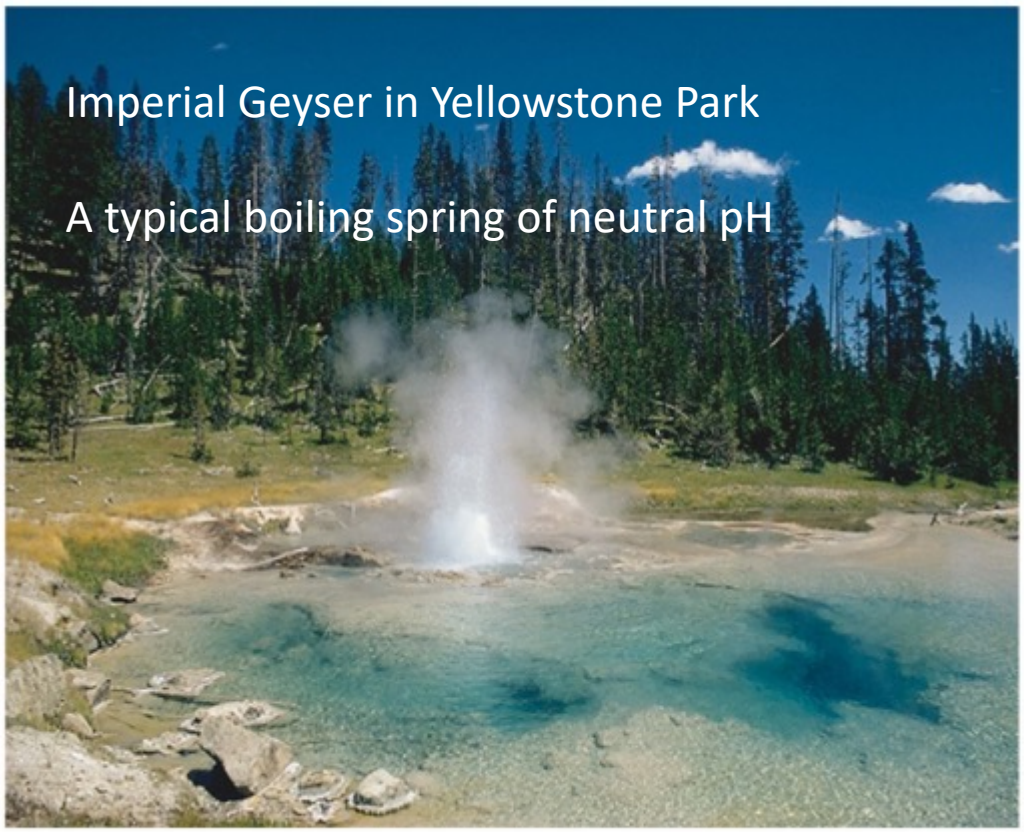
(a, b) Cyanobakterien

(a) Zellen im Hellfeldmikroskop

(b) Die gleichen Zellen, aufgrund ihrer Fluoreszenz betrachtet (Zellen, die einem Licht von 546 nm ausgesetzt wurden) Die rote Farbe entsteht durch Autofluoreszenz von Chlorophyll und anderen Pigmenten

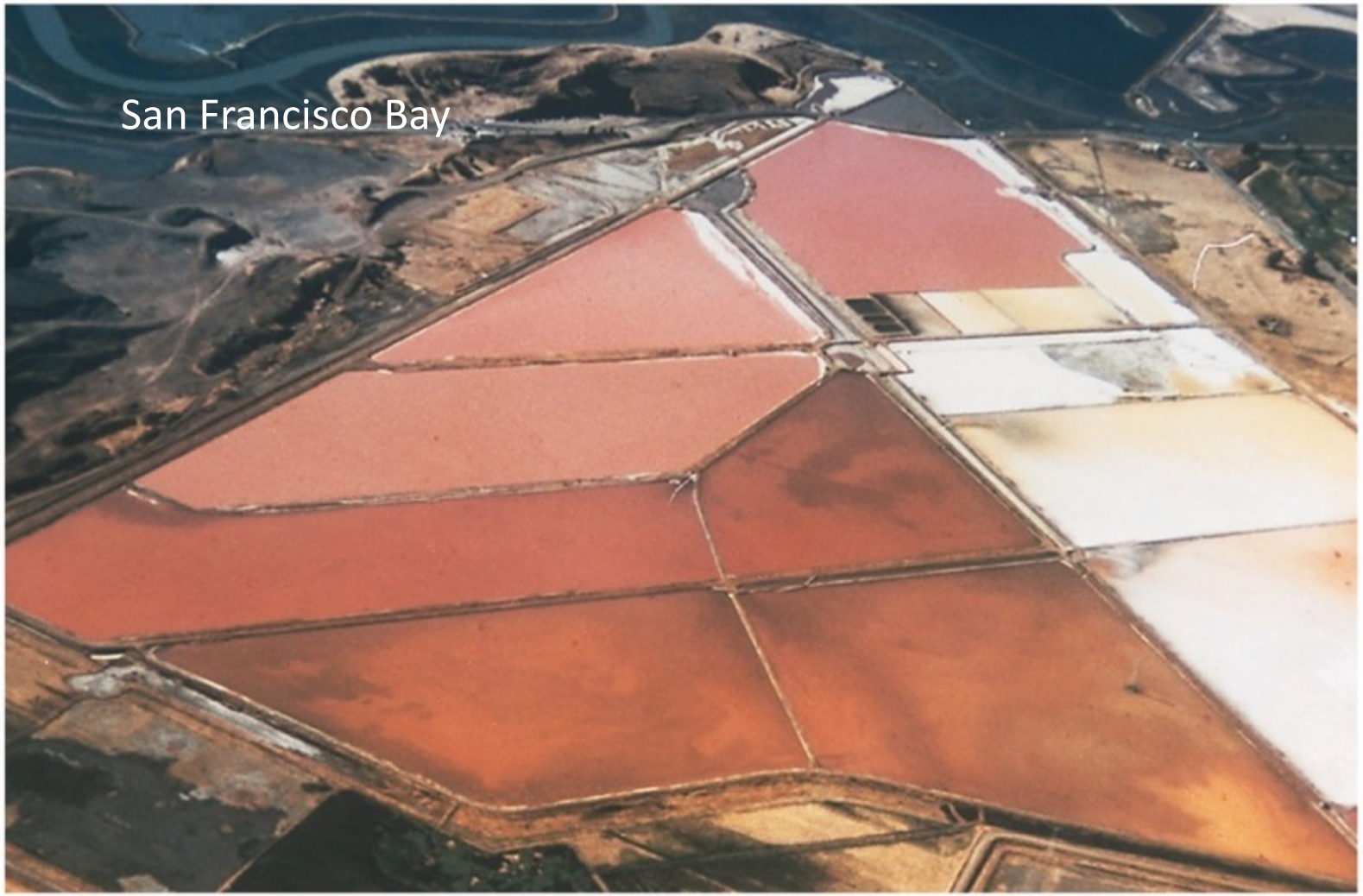
(c) Zellen des filamentösen Bakteriums *Leucothrix mucor*, mit dem gün fluoreszierenden Farbstoff Acridinorange gefärbt

Die Zellen haben einen Durchmesser von 3 μm und können länger als 100 μm werden


Imperial Geyser in Yellowstone Park
A typical boiling spring of neutral pH
T. D. Brock
(c)

Sulfur-rich hot spring, a habitat containing dense populations of Sulfolobus
T. D. Brock
(b)

T. D. Brock
(a)



(b)

Lake Hamara, Wadi El Natroun, Egypt. pH 10 soda lake
Michael T. Madigan

(c)

(b) **A typical self-heating coal refuse pile**

habitat of *Thermoplasma*

T. D. Brock

(a)